รายงานการวิจัยฉบับสมบูรณ์

เรื่อง

การพัฒนาโลชันบำรุงผิวขาวเสริมสารต้านอนุมูลอิสระ สูตรนาโนอิมัลชันจากสารสกัดเปลือกหุ้มเมล็ดมะขาม

Development Nanoemulsion Whitening Body Lotion with Antioxidants from Tamarind Seed Coat Extract

เกตุการ ดาจันทา คณะเทคโนโลยีการเกษตรและอาหาร

เปรมนภา สีโสภา คณะเทคโนโลยีการเกษตรและอาหาร

รายงานนี้ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยจากมหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม

พ.ศ. 2559

มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม

แบบสรุปผู้บริหาร
[Executive Summary]

1.รายละเอียดเกี่ยวกับโครงการวิจัย/แผนงานวิจัย

1.1 ชื่อเรื่อง การพัฒนาโลชันบำรุงผิวขาวเสริมสารต้านอนุมูลอิสระสูตรนาโนอิมัลชันจากสารสกัดเปลือกหุ้มเมล็ดมะขาม

Development Nanoemulsion Whitening Body Lotion with Antioxidants from Tamarind Seed Coat Extracts

1.2 ชื่อคณะผู้วิจัย ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.เกตุการ ดาจันทา และอาจารย์เปรมนภา สีโสภา

หน่วยงานที่สังกัด คณะเทคโนโลยีการเกษตรและอาหาร

หมายเลขโทรศัพท์ 086-179-7207

1.3 งบประมาณและระยะเวลาทำวิจัย

ได้รับงบประมาณ ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2558 **งบประมาณที่ได้รับ** 270,000 **บาท**

ระยะเวลาทำวิจัย ตั้งแต่ 19/2558 **ตั้งแต่** 18 พฤศจิกายน 2557 **ถึง** 8 กรกฎาคม 2559

2. สรุปโครงการวิจัย

มะขามเป็นพืชเศรษฐกิจที่สำคัญของจังหวัดเพชรบูรณ์และพิษณุโลก มีการบริโภคทั้งในรูปของฝักสดและผลิตภัณฑ์แปรรูปหลายรูปแบบ ทำให้มีเมล็ดมะขามเป็นของเหลือจากกระบวนการแปรรูปอาหารจำนวนมาก มีรายงานการวิจัยที่ระบุว่าส่วนของเปลือกหุ้มเมล็ดมะขามมีองค์ประกอบของสารที่มีสรรพคุณทางเครื่องสำอางหลายชนิด โดยเฉพาะอย่างยิ่งสาร proanthocyanidins และ flavonoids ที่ปกป้องการเสื่อมของผิวหนังด้วยการทำหน้าที่เป็นสารต้านอนุมูลอิสระที่เกิดจากการกระตุ้นของรังสียูวี ทำหน้าที่ช่วยยับยั้งการเสื่อมสลายของเซลล์ ทำให้ผิวเรียบเนียน ลดการอักเสบ (Williams et al., 1999; Guardia et al., 2001; Arct and Pytkowska, 2008) ยับยั้งการสลายตัวของคอลลาเจน ช่วยเพิ่มการไหลเวียนของเลือดที่มาหล่อเลี้ยงผิว (Benevente-Garciia et al., 1997; Garg et al., 2001; Arct and Pytkowska, 2008) ทำให้สารเหล่านี้นิยมนำมาใช้เป็นส่วนประกอบของเครื่องสำอางบำรุงผิว และมีผลิตภัณฑ์บำรุงผิวที่มีส่วนผสมของสารสกัดเมล็ดมะขามจำหน่ายในตลาดต่างประเทศแต่ยังไม่พบในผลิตภัณฑ์เครื่องสำอางของไทย

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาวิธีการสกัดสารออกฤทธิ์ทางเวชสำอางกลุ่ม phenolic compounds, proanthocyanindins และ flavonoids จากเปลือกหุ้มเมล็ดมะขาม เพื่อนำสารสกัดที่ได้ไปเพิ่มมูลค่าด้วยการพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์โลชันบำรุงผิวขาวเสริมสารต้านอนุมูลอิสระสูตรนาโนอิมัลชันและศึกษาความคงตัวของผลิตภัณฑ์รวมถึงการทดสอบประสิทธิภาพของผลิตภัณฑ์กับ

มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม

อาสาสมัคร ระเบียบวิธีวิจัยแบ่งเป็น 2 ตอน คือ 1. ศึกษาวิธีการสกัดสารออกฤทธิ์ทางเวชสำอางในสารสกัดเปลือกหุ้มเมล็ดโดยเริ่มจากการศึกษาชนิดของตัวทำละลายที่เหมาะสมในการสกัดสารออกฤทธิ์ทางเวชสำอางในเปลือกหุ้มเมล็ดมะขามและการศึกษาสภาวะการสกัดสารออกฤทธิ์ทางเวชสำอางที่เหมาะสม และ 2. การพัฒนาสูตรตำรับโลชันสารสกัดเปลือกหุ้มเมล็ดมะขามสูตรนาโนอิมัลชัน

ผลการศึกษาพบว่า เอทานอลความเข้มข้นร้อยละ 75 เป็นตัวทำละลายสามารถสกัดสารออกฤทธิ์ทางเวชสำอางจากเปลือกหุ้มเมล็ดมะขามมากที่สุด และการสกัดด้วยวิธี ultrasonic-assisted extraction นาน 30 นาที ทำให้ได้สารสกัดเปลือกหุ้มเมล็ดมะขามที่มีสาร proanthocyanidins 5.20-5.91 g CE/g extract พบสาร phenolic compounds อยู่ในช่วง 858.16-1,187.05 g GAE/g extract และ flavonoids อยู่ในช่วง 0.50-0.68 g CE/g extract นอกจากนี้ยังพบว่าสารสกัดเปลือกหุ้มเมล็ดมะขามมีฤทธิ์ DPPH radical scavenging activity สูงกว่าสารต้านอนุมูลอิสระมาตรฐาน ascorbic acid 4-8 เท่า และมีฤทธิ์ tyrosinase inhibition activity สูงกว่าสารมาตรฐาน kojic acid 4-7 เท่า และเมื่อนำสารสกัดเปลือกหุ้มเมล็ดมะขามไปพัฒนาต่อยอดเป็นสารออกฤทธิ์ในโลชันบำรุงผิวสูตรนาโนอิมัลชัน พบว่าตำรับที่เหมาะสมที่สุดคือตำรับที่เติมสารสกัดร้อยละ 0.1 โดยมีค่าขนาดอนุภาคเฉลี่ยอยู่ในระดับนาโน คือ 613 ± 7.40 นาโนเมตร มีค่าดัชนีการกระจายขนาดอนุภาคเท่ากับ 0.34 ± 0.01 และค่าประจุบนอนุภาคเท่ากับ -33.00 ± 0.50 มีองค์ประกอบของสารออกฤทธิ์ทางเวชสำอาง คือ total phenolic compounds ปริมาณ 2.41 ± 0.00 mg GAE/g lotion สาร flavonoids ปริมาณ 0.82 ± 0.04 mg CE/g lotion และ ฤทธิ์ DPPH radical-scavenging activity 1.54 ± 0.03 mg BHT/g lotion โลชันบำรุงผิวขาวสูตรนาโนอิมัลชันจากสารสกัดเปลือกหุ้มเมล็ดมะขามที่พัฒนาได้จากงานวิจัยนี้มีความคงตัวสูงเมื่อทดสอบด้วยสภาวะเร่ง heating-cooling cycles และการเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง นาน 3 เดือน และได้รับคะแนนความพึงพอใจด้านการกระจายตัวของโลชันบนผิวหนัง การซึมเข้าสู่ผิวของโลชันหลังใช้ ความชุ่มชื้นของผิวหลังใช้ ความนุ่ม/เรียบเนียนของผิวหลังใช้ และความพึงพอใจโดยรวมอยู่ในระดับมากถึงมากที่สุด และไม่มีอาการระคายเคืองของผิวหลังใช้ ต้นทุนการผลิตผลิตภัณฑ์โลชันบำรุงผิวขาวสูตรนาโนอิมัลชันจากสารสกัดเปลือกหุ้มเมล็ดมะขามพร้อมบรรจุภัณฑ์ขนาดบรรจุ 120 กรัม คือ 79 บาท และโครงการวิจัยได้ถ่ายทอดองค์ความรู้การผลิตโลชันบำรุงผิวขาวสูตรนาโนอิมัลชันจากสารสกัดเปลือกหุ้มเมล็ดมะขามให้กับผู้ประกอบการ วิสาหกิจชุมชนและผู้สนใจทั่วไป จำนวน 30 คน

ข้อเสนอแนะเชิงนโยบาย ข้อเสนอแนะเชิงวิชาการ ข้อเสนอแนะในการนำไปใช้ประโยชน์

มหาวิทยาลัยควรกำหนดนโยบายและสนับสนุนให้นำองค์ความรู้จากผลงานวิจัยที่มีศักยภาพในเชิงพาณิชย์ไปใช้ในกระบวนการเรียนการสอน รวมถึงการเผยแพร่ต่อสาธารณะชนหรือผู้ประกอบการในท้องถิ่นเพื่อให้สามารถต่อยอดองค์รู้จากงานวิจัยสู่การผลิตในเชิงพาณิชย์ต่อไป และ

ควรมีนำองค์ความรู้ใหม่ที่เกิดจากกระบวนงานวิจัยไปเผยแพร่ในรูปแบบเอกสารวิชาการ หรือการจดอนุสิทธิบัตร เพื่อให้เกิดความก้าวหน้าทางวิชาการของนักวิจัยและสร้างฐานข้อมูลทางวิชาการให้กับมหาวิทยาลัย สำหรับข้อเสนอแนะในการทำวิจัยต่อไป คือ ควรมีการศึกษาบ่งชี้ชนิดของสารออกฤทธิ์ทางเวชสำอางโดยใช้เครื่องมือวิเคราะห์ขั้นสูง ศึกษาวิธีการสกัดที่เหมาะสมโดยละเอียดมากขึ้น เช่น ระยะเวลาที่เหมาะสมในการสกัดด้วยวิธี maceration ซึ่งจะช่วยลดต้นทุนด้านเครื่องมือของการสกัดสารสำคัญจากเปลือกหุ้มเมล็ดมะขามได้มากขึ้น และควรศึกษาการเติมสาร synthetic antioxidnt เข้าไปในตำรับเพื่อช่วยรักษาความคงตัวให้สูงขึ้น

3. บทคัดย่อภาษาไทยและบทคัดย่อภาษาอังกฤษ (Abstract)

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของตัวทำละลาย (น้ำ เอทานอลและเมทานอล ความเข้มข้นร้อยละ 25 50 และ 75) และวิธีการสกัด คือ การสกัดด้วยคลื่นอัลตราซาวน์ (นาน 10 20 และ 30 นาที) การสกัดด้วยวิธีการกวน และการสกัดด้วยวิธีการแช่ในตัวทำละลาย ต่อคุณภาพการต้านออกซิเดชันของสารสกัดเปลือกหุ้มเมล็ดมะขาม โดยการตรวจวิเคราะห์ปริมาณสารประกอบฟีนอล (total phenolic compounds) สารประกอบฟลาโวนอยด์ (flavonoids) โปรแอนโทไซยานิดิน (proanthocyanidins) ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ DPPH และฤทธิ์ยับยั้งเอนไซม์ไทโรซิเนสในสารสกัดเปลือกหุ้มเมล็ดมะขาม นอกจากนี้ยังได้พัฒนาสูตรตำรับโลชันบำรุงผิวขาวสูตรนาโนอิมัลชันที่มีการเติมสารสกัดเปลือกหุ้มเมล็ดมะขามที่ระดับความเข้มข้นร้อยละ 0 0.05 0.1 และ 0.25 และตรวจวิเคราะห์คุณภาพการต้านออกซิเดชันและความคงตัวของผลิตภัณฑ์ที่พัฒนาได้

ผลการศึกษาพบว่า โปรแอนโทไซยานิดิน เป็นสารต้านออกซิเดชันที่พบมากที่สุดในสารสกัดเปลือกหุ้มเมล็ดมะขามและสารสกัดที่ได้จากตัวทำละลายเอทานอลความเข้มข้นร้อยละ 75 มีปริมาณของสารโปรแอนโทไซยานิดินและฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ DPPH สูงที่สุด สารสกัดที่ได้จากการสกัดด้วยวิธีการแช่ในตัวละลายที่อุณหภูมิห้อง นาน 48 ชั่วโมง และวิธีการสกัดด้วยคลื่นอัลตราซาวน์ นาน 30 นาที มีปริมาณสารโปรแอนโทไซยานิดิน สารประกอบฟีนอล และฟลาโวนอยด์มากกว่าสารสกัดที่ได้จากการสกัดด้วยวิธีการอื่น และสารสกัดดังกล่าวยังมีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ DPPH และฤทธิ์ยับยั้งเอนไซม์ไทโรซิเนสสูงกว่าสารสกัดที่ได้จากการสกัดด้วยวิธีการอื่นและสารมาตรฐานอ้างอิงกรดแอสคอร์บิก (4-8 เท่า) และกรดโคจิก (5-7 เท่า) ตามลำดับ ดังนั้นจึงนำสารสกัดที่ได้จากวิธีการสกัดด้วยคลื่นอัลตราซาวน์ นาน 30 นาที ในตัวทำละลายเอทานอลความเข้มข้นร้อยละ 75 ไปใช้เป็นสารออกฤทธิ์ในสูตรตำรับโลชันบำรุงผิวขาวสูตรนาโนอิมัลชันต่อไป

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม

ผลการศึกษาการพัฒนาสูตรตำรับโลชันบำรุงผิวพบว่าโลชันบำรุงผิวที่พัฒนาได้มีขนาดอนุภาคระดับนาโน คือ 460-613 นาโนเมตร และมีค่าดัชนีการกระจายขนาดอนุภาคและค่าประจุอนุภาคต่ำ โลชันบำรุงผิวสูตรตำรับที่เติมสารสกัดร้อยละ 0.1 มีคุณภาพการต้านออกซิเดชัน ความคงตัวเมื่อวัดด้วยวิธี heating-cooling cycles 6 รอบ และการเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องนาน 3 เดือน และคะแนนการทดสอบทางประสาทสัมผัสสูงกว่าสูตรตำรับอื่น นอกจากนั้นงานวิจัยนี้ยังได้ศึกษาต้นทุนการผลิตโลชันบำรุงผิวในขวดบรรจุและการถ่ายทอดเทคโนโลยีงานวิจัย ผลที่ได้จากการศึกษาในครั้งนี้แสดงให้เห็นถึงศักยภาพในการใช้สารสกัดเปลือกหุ้มเมล็ดมะขามเป็นแหล่งของสารต้านออกซิเดชันในสูตรตำรับเครื่องสำอางต้านริ้วรอยและบำรุงผิวขาว

ABSTRACT

This research was aimed to study the effects of various extracting solvents (water and various concentrations (25%, 50%, and 75%) of ethanol and methanol in water) and different extraction techniques including ultrasonic-assisted extracting (for 10, 20, and 30 min), stirring, and maceration methods on the antioxidant properties of tamarind seed coat (TSC) extracts. Total phenolic compounds, flavonoids, proanthocyanidins contents and antioxidant activity of DPPH radical scavenging activity and tyrosinase inhibition effect of the TSC extracts were evaluated. Furthermore, nanoemulsion whitening body lotions were formulated with different concentrations (0, 0.05, 0.1, and 0.25%) of TSC extracts and tested for their antioxidant and stability properties.

The results found that proanthocynidins was the dominating antioxidant components in TSC extract and the extract obtained by 75% ethanol showed the highest proanthocyanidin content and DPPH radical scavenging activity. Higher amounts of proanthocyanidins, total phenolic compounds, and flavonoids were found in the extracts prepared using the method of maceration at room temperature for 48 h and ultrasonic ultrasonic-assisted extraction for 30 min. The same extracts also exhibited the stronger activities of DPPH radical scavenging and tyrosinase inhibition than that of other extracts and standard references of ascorbic acid (4-8 times) and kojic acid (5-7 times), respectively. Thus, the extract obtained by using

ultrasonic-assisted extraction for 30 min with 75% ethanol was then utilized as active component in the formulating of nanoemulsion whitening body lotions.

The results of the body lotion formulation indicated that the body lotions exhibited nanoparticle size (460-613 nm) with slightly values of polydispersity index (0.312-0.335) and surface charge (-33 to -36). Body lotion formulating with 0.1% TSC extract showed higher effectively antioxidant quality, stability capacity when performed by 6 cycles of the heating-cooling method and storage at ambient temperature for 3 months, and sensory evaluation score than other formulated products. In addition, production cost of the product in the bottle packaging and technology transfer were also presented in this study. The data of this study strongly support the suggestion to utilize the TSC extract as source of antioxidant biomolecules for formulation of anti-aging or whitening cosmetic products.

มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับทุนสนับสนุนจากงบประมาณแผ่นดิน ประจำปี พ.ศ. 2558 มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม และ ขอขอบคุณสถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม ในการบริหารจัดการงานวิจัย และขอขอบคุณสาขาวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร และห้องปฏิบัติการกลาง คณะเทคโนโลยี การเกษตรอาหารในการอนุเคราะห์เครื่องมือและสถานที่ในการดำเนินงานวิจัย

เกตุการ ดาจันทา
และเปรมนภา สีโสภา
กรกฎาคม 2559

มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม

หัวข้องานวิจัยเรื่อง การพัฒนาโลชันบำรุงผิวขาวเสริมสารต้านอนุมูลอิสระสูตรนาโนอิมัลชันจากสารสกัดเปลือกหุ้มเมล็ดมะขาม

ชื่อผู้วิจัย ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.เกตุการ ดาจันทา และอาจารย์เปรมนภา สีโสภา

คณะ/สังกัด คณะเทคโนโลยีการเกษตรและอาหาร สาขาวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร

มหาวิทยาลัย มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม

ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัย ประจำปีงบประมาณ 2558 จำนวนเงิน 270,000 บาท

ระยะเวลาทำการวิจัย 1 ปี ตั้งแต่ 18/11/2557 ถึง 11/7/2559

คำสำคัญ โลชัน มะขาม สารสกัดเปลือกหุ้มเมล็ดมะขาม สารต้านอนุมูลอิสระ

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของตัวทำละลาย (น้ำ เอทานอลและเมทานอล ความเข้มข้นร้อยละ 25 50 และ 75) และวิธีการสกัด คือ การสกัดด้วยคลื่นอัลตราซาวน์ (นาน 10 20 และ 30 นาที) การสกัดด้วยวิธีการกวน และการสกัดด้วยวิธีการแช่ในตัวทำละลาย ต่อคุณภาพการต้านออกซิเดชันของสารสกัดเปลือกหุ้มเมล็ดมะขาม โดยการตรวจวิเคราะห์ปริมาณสารประกอบฟีนอล (total phenolic compounds) สารประกอบฟลาโวนอยด์ (flavonoids) โปรแอนโทไซยานิดิน (proanthocyanidins) ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ DPPH และฤทธิ์ยับยั้งเอนไซม์ไทโรซิเนสในสารสกัดเปลือกหุ้มเมล็ดมะขาม นอกจากนี้ยังได้พัฒนาสูตรตำรับโลชันบำรุงผิวขาวสูตรนาโนอิมัลชันที่มีการเติมสารสกัดเปลือกหุ้มเมล็ดมะขามที่ระดับความเข้มข้นร้อยละ 0 0.05 0.1 และ 0.25 และตรวจวิเคราะห์คุณภาพการต้านออกซิเดชันและความคงตัวของผลิตภัณฑ์ที่พัฒนาได้

ผลการศึกษาพบว่า โปรแอนโทไซยานิดิน เป็นสารต้านออกซิเดชันที่พบมากที่สุดในสารสกัดเปลือกหุ้มเมล็ดมะขามและสารสกัดที่ได้จากตัวทำละลายเอทานอลความเข้มข้นร้อยละ 75 มีปริมาณของสารโปรแอนโทไซยานิดินและฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ DPPH สูงที่สุด สารสกัดที่ได้จากการสกัดด้วยวิธีการแช่ในตัวละลายที่อุณหภูมิห้อง นาน 48 ชั่วโมง และวิธีการสกัดด้วยคลื่นอัลตราซาวน์ นาน 30 นาที มีปริมาณสารโปรแอนโทไซยานิดิน สารประกอบฟีนอล และฟลาโวนอยด์มากกว่าสารสกัดที่ได้จากการสกัดด้วยวิธีการอื่น และสารสกัดดังกล่าวยังมีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ DPPH และฤทธิ์ยับยั้งเอนไซม์ไทโรซิเนสสูงกว่าสารสกัดที่ได้จากการสกัดด้วยวิธีการอื่นและสารมาตรฐานอ้างอิงกรดแอสคอร์บิก (4-8 เท่า) และกรดโคจิก (5-7 เท่า) ตามลำดับ ดังนั้นจึงนำสารสกัดที่ได้จากวิธีการสกัด

มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม

ด้วยคลื่นอัลตราซาวน์ นาน 30 นาที ในตัวทำละลายเอทานอลความเข้มข้นร้อยละ 75 ไปใช้เป็นสารออกฤทธิ์ในสูตรตำรับโลชันบำรุงผิวขาวสูตรนาโนอิมัลชันต่อไป

ผลการศึกษาการพัฒนาสูตรตำรับโลชันบำรุงผิวพบว่าโลชันบำรุงผิวที่พัฒนาได้มีขนาดอนุภาคระดับนาโน คือ 460-613 นาโนเมตร และมีค่าดัชนีการกระจายขนาดอนุภาคและค่าประจุอนุภาคต่ำ โลชันบำรุงผิวสูตรตำรับที่เติมสารสกัดร้อยละ 0.1 มีคุณภาพการต้านออกซิเดชัน ความคงตัวเมื่อวัดด้วยวิธี heating-cooling cycles 6 รอบ และการเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องนาน 3 เดือน และคะแนนการทดสอบทางประสาทสัมผัสสูงกว่าสูตรตำรับอื่น นอกจากนั้นงานวิจัยนี้ยังได้ศึกษาต้นทุนการผลิตโลชันบำรุงผิวในขวดบรรจุและการถ่ายทอดเทคโนโลยีงานวิจัย ผลที่ได้จากการศึกษาในครั้งนี้แสดงให้เห็นถึงศักยภาพในการใช้สารสกัดเปลือกหุ้มเมล็ดมะขามเป็นแหล่งของสารต้านออกซิเดชันในสูตรตำรับเครื่องสำอางต้านริ้วรอยและบำรุงผิวขาว

มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม

Research Title Development nanoemulsion whitening body lotion with antioxidants from Tamarind seed coat extract

Author Assist. Prof. Katekan Dajanta and Premnapa Sisopa

Faculty Food and Agricultural Technology, Division of Food Science and Technology

Institute Pibulsongkram Rajabhat University

Year 2015

Keywords Lotion, Tamarind, Tamarind seed coat extract, antioxidant

ABSTRACT

This research was aimed to study the effects of various extracting solvents (water and various concentrations (25%, 50%, and 75%) of ethanol and methanol in water) and different extraction techniques including ultrasonic-assisted extracting (for 10, 20, and 30 min), stirring, and maceration methods on the antioxidant properties of tamarind seed coat (TSC) extracts. Total phenolic compounds, flavonoids, proanthocyanidins contents and antioxidant activity of DPPH radical scavenging activity and tyrosinase inhibition effect of the TSC extracts were evaluated. Furthermore, nanoemulsion whitening body lotions were formulated with different concentrations (0, 0.05, 0.1, and 0.25%) of TSC extracts and tested for their antioxidant and stability properties.

The results found that proanthocynidins was the dominating antioxidant components in TSC extract and the extract obtained by 75% ethanol showed the highest proanthocyanidins content and DPPH radical scavenging activity. Higher amounts of proanthocyanidins, total phenolic compounds, and flavonoids were found in the extracts prepared using the method of maceration at room temperature for 48 h and ultrasonic ultrasonic-assisted extraction for 30 min. The same extracts also exhibited the stronger activities of DPPH radical scavenging and tyrosinase inhibition than that of other extracts and standard references of ascorbic acid (4-8 times) and kojic acid (5-7 times), respectively. Thus, the extract obtained by using

ultrasonic-assisted extraction for 30 min with 75% ethanol was then utilized as active component in the formulating of nanoemulsion whitening body lotions.

The results of the body lotion formulation indicated that the body lotions exhibited nanoparticle size (460-613 nm) with slightly values of polydispersity index (0.312-0.335) and surface charge (-33 to -36). Body lotion formulating with 0.1% TSC extract showed higher effectively antioxidant quality, stability capacity when performed by 6 cycles of the heating-cooling method and storage at ambient temperature for 3 months, and sensory evaluation score than other formulated products. In addition, production cost of the product in the bottle packaging and technology transfer were also presented in this study. The data of this study strongly support the suggestion to utilize the TSC extract as source of antioxidant biomolecules for formulation of anti-aging or whitening cosmetic products.

มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม

สารบัญเรื่อง

บทที่		หน้า
	แบบสรุปผู้บริหาร (Executive Summary)	ก
	กิตติกรรมประกาศ	ฉ
	บทคัดย่อภาษาไทย	ช
	บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ฌ
	สารบัญเรื่อง	ฎ
	สารบัญตาราง	ฒ
	สารบัญภาพ	ต
1	**บทนำ**.....	1
	ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา.....	1
	วัตถุประสงค์ของโครงการ.....	2
	ขอบเขตของการวิจัย.....	3
	สมมติฐานของการวิจัย.....	4
2	**ทบทวนเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง**.....	5
	มะขาม.....	5
	เมล็ดมะขาม.....	5
	อนุมูลอิสระกับผิวหนัง.....	6
	สารต้านออกซิเดชัน.....	6
	การสกัดและการตรวจสอบสมบัติการต้านออกซิเดชันในสารสกัด.....	10
	โลชันบำรุงผิวขาว.....	16
	นาโนอิมัลชัน (nanoemulsion).....	18

มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม

สารบัญเรื่อง (ต่อ)

บทที่		หน้า
3	**อุปกรณ์และวิธีดำเนินการวิจัย**	19
	วัตถุดิบ	19
	อุปกรณ์และเครื่องมือ	19
	สารเคมี	19
	ตอนที่ 1 ศึกษาวิธีการสกัดสารออกฤทธิ์ทางเวชสำอางในเปลือกหุ้มเมล็ดมะขาม	20
	1.1 ศึกษาชนิดของตัวทำละลายที่เหมาะสมในการสกัดสารออกฤทธิ์ทางเวชสำอางในเปลือกหุ้มเมล็ดมะขาม	20
	1.2 ศึกษาสภาวะการสกัดสารออกฤทธิ์ทางเวชสำอางในเปลือกหุ้มเมล็ดมะขาม	21
	ตอนที่ 2 การพัฒนาตำรับโลชันบำรุงผิวขาวสูตรนาโนอิมัลชันจากสารสกัดเปลือกหุ้มเมล็ดมะขาม	22
	2.1. พัฒนาสูตรตำรับโลชันบำรุงผิวขาวสูตรนาโนอิมัลชันจากสารสกัดเปลือกหุ้มเมล็ดมะขาม	22
	2.2. การศึกษาความคงตัวของโลชันบำรุงผิวขาวสูตรนาโนอิมัลชันจากสารสกัดเปลือกหุ้มเมล็ดมะขาม	25
	2.3 ศึกษาประสิทธิภาพของผลิตภัณฑ์โลชันบำรุงผิวขาวสูตรนาโนอิมัลชันจากสารสกัดเปลือกหุ้มเมล็ดมะขามกับอาสาสมัคร	26
	2.4 ศึกษาต้นทุนการผลิตผลิตภัณฑ์โลชันบำรุงผิวขาวสูตรนาโนอิมัลชันจากสารสกัดเปลือกหุ้มเมล็ดมะขาม	29
	2.5 ถ่ายทอดองค์ความรู้การผลิตโลชันบำรุงผิวขาวสูตรนาโนอิมัลชันจากสารสกัดเปลือกหุ้มเมล็ดมะขาม	30

มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม

สารบัญเรื่อง (ต่อ)

บทที่		หน้า
4	**ผลการวิจัย**	31
	ผลการศึกษาชนิดของตัวทำละลายที่เหมาะสมในการสกัดสารออกฤทธิ์ทางเวชสำอางในเปลือกหุ้มเมล็ดมะขาม	31
	สารต้านออกซิเดชันในสารสกัดเปลือกหุ้มเมล็ดมะขาม	31
	ฤทธิ์ต้านออกซิเดชัน DPPH radical-scavenging activity	33
	ผลการศึกษาสภาวะการสกัดสารออกฤทธิ์ทางเวชสำอางในเปลือกหุ้มเมล็ดมะขาม	35
	ปริมาณของสารสกัด (yield)	35
	ปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระในสารสกัดเปลือกหุ้มเมล็ดมะขาม	37
	ค่าการยับยั้งอนุมูลอิสระ DPPH ของสารสกัดเปลือกหุ้มเมล็ดมะขาม	38
	ฤทธิ์ tyrosinase inhibition activity ของสารสกัดเปลือกหุ้มเมล็ดมะขาม	40
	การพัฒนาตำรับโลชันบำรุงผิวขาวสูตรนาโนอิมัลชันจากสารสกัดเปลือกหุ้มเมล็ดมะขาม	42
	คุณภาพทางเคมีและกายภาพของโลชันบำรุงผิวขาวสูตรนาโนอิมัลชันสารสกัดเปลือกหุ้มเมล็ดมะขาม	42
	คุณภาพการต้านออกซิเดชันของโลชันบำรุงผิวขาวสูตรนาโนอิมัลชันสารสกัดเปลือกหุ้มเมล็ดมะขาม	45
	ศึกษาความคงตัวของตำรับโลชันบำรุงผิวขาวสูตรนาโนอิมัลชันจากสารสกัดเปลือกหุ้มเมล็ดมะขาม	46
	ความคงตัวต่อสภาวะเร่ง heating-cooling cycles	46
	ความคงตัวในสภาวะปกติ (อุณหภูมิห้อง)	50
	ศึกษาประสิทธิภาพของผลิตภัณฑ์โลชันบำรุงผิวขาวสูตรนาโนอิมัลชันจากสารสกัดเปลือกหุ้มเมล็ดมะขามกับอาสาสมัคร	55
	การทดสอบความระคายเคืองของผลิตภัณฑ์โดยวิธี close patch test	55
	การทดสอบประสิทธิภาพของผลิตภัณฑ์ในอาสาสมัคร	56

มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม

สารบัญเรื่อง (ต่อ)

บทที่		หน้า
	ประเมินความพึงพอใจของผลิตภัณฑ์	58
	ศึกษาต้นทุนการผลิตผลิตภัณฑ์โลชันบำรุงผิวขาวสูตรนาโนอิมัลชันจากสารสกัดเปลือกหุ้มเมล็ดมะขาม	61
	ถ่ายทอดองค์ความรู้การผลิตโลชันบำรุงผิวขาวสูตรนาโนอิมัลชันจากสารสกัดเปลือกหุ้มเมล็ดมะขาม	63
5	**สรุปและข้อเสนอแนะ**	65
	สรุปผลการวิจัย	65
	ข้อเสนอแนะ	67
บรรณานุกรม		68
ภาคผนวก		77
ประวัติผู้วิจัย		100

มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม

สารบัญตาราง

ตาราง **หน้า**

2.1 แสดงการสกัดสารต้านอนุมูลอิสระจากเปลือกหุ้มเมล็ดมะขาม..... 13

3.1 แสดงสูตรพื้นฐานตำรับโลชันบำรุงผิวขาวสูตรนาโนอิมัลชันจากสารสกัดเปลือกหุ้มเมล็ดมะขาม 22

3.2 แสดงแผนการเลือกแขนเพื่อทดลองใช้ผลิตภัณฑ์ 29

4.1 แสดงปริมาณ phenolic compounds, flavonoids และ proanthocyanidins ในสารสกัดเปลือกหุ้มเมล็ดมะขามที่สกัดด้วยตัวทำละลายแตกต่างกัน..... 31

4.2 แสดงค่า DPPH radical scavenging activity ของเปลือกหุ้มเมล็ดมะขามที่สกัดด้วยตัวทำละลายแตกต่างกัน..... 34

4.3 แสดงปริมาณของสารสกัด (yield) เปลือกหุ้มเมล็ดมะขามที่ได้จากการสกัดด้วยวิธีแตกต่างกัน..... 36

4.4 แสดงปริมาณสาร phenolic compounds, flavonoids และ proanthocyanidins ในสารสกัดเปลือกหุ้มเมล็ดมะขามที่ได้จากการสกัดด้วยวิธีแตกต่างกัน..... 37

4.5 แสดงค่าสี L* a* b* ของโลชันสูตรนาโนอิมัลชันจากสารสกัดเปลือกหุ้มเมล็ดมะขามเปรียบเทียบกับสูตรพื้นฐาน..... 44

4.6 แสดงขนาดอนุภาคเฉลี่ย (Mean particle size) ดัชนีการกระจายขนาดอนุภาค (PI) ค่าประจุบนอนุภาค ความหนืดและpH ของโลชันบำรุงผิวขาวสูตรนาโนอิมัลชันจากสารสกัดเปลือกหุ้มเมล็ดมะขามที่ความเข้มข้นร้อยละ 0.05 และ 0.1 และสูตรพื้นฐาน (ไม่ใส่สารสกัด)..... 44

4.7 แสดงปริมาณสารประกอบฟีนอล ฟลาโวนอยด์และฤทธิ์ DPPH radical scavenging activity ของโลชันสูตรนาโนอิมัลชันจากสารสกัดเปลือกหุ้มเมล็ดมะขามเปรียบเทียบกับสูตรพื้นฐาน..... 45

มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตาราง **หน้า**

4.8 แสดงขนาดอนุภาคเฉลี่ย (mean particle size) ดัชนีการกระจายขนาดอนุภาค (polydispersity index) และค่าประจุบนอนุภาค ของโลชันบำรุงผิวขาวสูตรนาโนอิมัลชันจากสารสกัดเปลือกหุ้มเมล็ดมะขามที่ความเข้มข้นร้อยละ 0.05 และ 0.1 ก่อน (t=0) และหลัง heating-cooling cycles 6 รอบ (t=6) เปรียบเทียบกับสูตรพื้นฐาน..... 46

4.9 แสดงค่าสี L* a* b* ของโลชันบำรุงผิวขาวสูตรนาโนอิมัลชันที่มีสารสกัดเปลือกหุ้มเมล็ดมะขามร้อยละ 0.05 และ 0.1 ก่อน (t=0) และหลัง heating-cooling cycles 6 รอบ (t=6) 47

4.10 แสดงค่าความหนืดและ pH ของโลชันบำรุงผิวขาวสูตรนาโนอิมัลชันที่มีสารสกัดเปลือกหุ้มเมล็ดมะขามร้อยละ 0.05 และ 0.1 ก่อน (t=0) และหลัง heating-cooling cycles 6 รอบ (t=6) 48

4.11 แสดงการเปลี่ยนแปลงค่าสี L* a* b* ของโลชันนาโนอิมัลชันสูตรพื้นฐานและสูตรตำรับที่มีสารสกัดเปลือกหุ้มเมล็ดมะขามร้อยละ 0.05 และ 0.1 เมื่อผ่านการทดสอบความคงตัวที่อุณหภูมิห้อง นาน 1 เดือน และ 3 เดือน 52

4.12 แสดงการเปลี่ยนแปลงค่าความหนืดและ pH ของโลชันนาโนอิมัลชันสูตรพื้นฐานและสูตรตำรับที่เติมสารสกัดเปลือกหุ้มเมล็ดมะขามร้อยละ 0.05 และ 0.1 เมื่อผ่านการทดสอบความคงตัวที่อุณหภูมิห้อง นาน 1 เดือน และ 3 เดือน 53

4.13 แสดงคะแนนความพึงพอใจผลิตภัณฑ์โลชันบำรุงผิวขาวสูตรนาโนอิมัลชันจากสารสกัดเปลือกหุ้มเมล็ดมะขาม 58

4.14 แสดงสูตรตำรับโลชันบำรุงผิวขาวสูตรนาโนอิมัลชันจากสารสกัดเปลือกหุ้มเมล็ดมะขามที่พัฒนาได้จากงานวิจัยนี้..... 59

4.15 แสดงคุณภาพทางเคมีและกายภาพของโลชันบำรุงผิวขาวสูตรนาโนอิมัลชันสารสกัดเปลือกหุ้มเมล็ดมะขามที่พัฒนาได้จากงานวิจัยนี้..... 60

4.16 แสดงต้นทุนวัตถุดิบของโลชันบำรุงผิวขาวสูตรนาโนอิมัลชันจากสารสกัดเปลือกหุ้มเมล็ดมะขาม..... 62

มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตาราง **หน้า**

4.17 แสดงต้นทุนการผลิตโลชันบำรุงผิวขาวสูตรนาโนอิมัลชันสารสกัดเปลือกหุ้มเมล็ดมะขาม... 63

ง-1 แสดงคะแนนความพึงพอใจของผู้เข้าร่วมฝึกอบรมเชิงปฏิบัติการเพื่อถ่ายทอดเทคโนโลยีการผลิตโลชันบำรุงผิวขาวสูตรนาโนอิมัลชันจากสารสกัดเปลือกหุ้มเมล็ดมะขาม..... 88

มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม

สารบัญภาพ

ภาพ		หน้า
1.1	แผนผังกรอบแนวความคิดของงานวิจัย	3
2.1	ลักษณะของฝักมะขามและเมล็ด	5
2.2	สูตรโครงสร้างทางเคมีของสารประกอบฟีนอล	7
2.3	โครงสร้างของ flavonoids	7
2.4	โครงสร้างของสารในกลุ่ม flavanols	8
2.5	โครงสร้างของสาร proanthocyanidins หรือ condensed tannins	9
2.6	เครื่องสกัดแบบซอห์กเลต	10
2.7	ผลิตภัณฑ์ครีมบำรุงผิวจากสารสกัดเมล็ดมะขามที่มีจำหน่ายในตลาดต่างประเทศ	18
4.1	สารสกัดเปลือกหุ้มเมล็ดมะขามที่สกัดได้จากงานวิจัยนี้	35
4.2	ค่า DPPH radical scavenging activity ของสารสกัดเปลือกหุ้มเมล็ดมะขาม: UAE, ultrasonic-assisted extraction; SE, stirring extraction; ME, maceration extraction; ข้อมูลเป็นค่าเฉลี่ยจากการทดลอง 3 ซ้ำ (n = 3) และตัวอักษรภาษาอังกฤษที่กำหนดค่าของข้อมูลแสดงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$)	39
4.3	ค่า tyrosinase inhibition activity (IC_{50}) ของสารสกัดเปลือกหุ้มเมล็ดมะขาม: UAE, ultrasonic-assisted extraction; SE, stirring extraction; ME, maceration extraction; ข้อมูลเป็นค่าเฉลี่ยจากการทดลอง 3 ซ้ำ (n = 3) และตัวอักษรภาษาอังกฤษที่กำหนดค่าของข้อมูลแสดงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$)	40
4.4	การเกิดผลึกของสารสกัดเปลือกหุ้มเมล็ดมะขามในสูตรตำรับโลชันสูตรนาโนอิมัลชันภายใต้กล้องจุลทรรศน์กำลังขยาย 200 เท่า	43
4.5	โลชันบำรุงผิวขาวสูตรนาโนอิมัลชันที่เติมสารสกัดเปลือกหุ้มเมล็ดมะขามปริมาณร้อยละ 0.05 และ 0.1	43

มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพ		หน้า
4.6	เปรียบเทียบปริมาณ total phenolic compounds (a), total flavonoids (b) และ DPPH radical-scavenging activity (c) ของโลชันสูตรพื้นฐาน (control) และสูตรตำรับที่เติมสารสกัดเปลือกหุ้มเมล็ดมะขามร้อยละ 0.05 และ 0.1 ในช่วงก่อน (t=0) และหลังการทดสอบความคงตัวด้วยวิธี heating-cooling cycles 6 รอบ (t=6).....	49
4.7	การเปลี่ยนแปลงขนาดอนุภาคเฉลี่ย และค่าดัชนีการกระจายขนาดอนุภาค (PI) ของโลชันนาโนอิมัลชันสูตรพื้นฐาน (a) สูตรตำรับที่มีสารสกัดร้อยละ 0.05 (b) และ 0.1 (c) เมื่อผ่านการทดสอบความคงตัวที่อุณหภูมิห้อง (RT) นาน 1 เดือน และ 3 เดือน.....	51
4.8	การเปลี่ยนแปลงของ total phenolic compounds, flavonoids และฤทธิ์ DPPH radical scavenging activity ในโลชันนาโนอิมัลชันสูตรพื้นฐานและสูตรตำรับที่เติมสารสกัดเปลือกหุ้มเมล็ดมะขามร้อยละ 0.05 และ 0.1 ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องนาน 3 เดือน.....	54
4.9	การทดสอบความระคายเคืองของผลิตภัณฑ์โลชันบำรุงผิวขาวสูตรนาโนอิมัลชันจากสารสกัดเปลือกหุ้มเมล็ดมะขามกับอาสาสมัครในระหว่างการทดสอบ และการเปลี่ยนแปลงของผิวหลังจากเปิด patch ออก 30 นาที.....	56
4.10	ค่า L* a* b* ของผิวโดยประเมินประสิทธิภาพจากเครื่องมือ Chroma meter หลังจากใช้โลชันบำรุงผิวขาวสูตรนาโนอิมัลชันจากสารสกัดเปลือกหุ้มเมล็ดมะขามและโลชันเบส ที่เวลา 0 ถึง 6 สัปดาห์.....	57
4.11	ผลิตภัณฑ์โลชันบำรุงผิวขาวสูตรนาโนอิมัลชันจากสารสกัดเปลือกหุ้มเมล็ดมะขามบรรจุขวดปั๊ม ขนาด 120 กรัม.....	61
4.12	การถ่ายทอดเทคโนโลยีงานวิจัยให้แก่ผู้สนใจทั่วไป.....	64
ก-1	ลักษณะเปลือกหุ้มเมล็ดมะขามพันธุ์สีทอง	79
ก-2	บดเปลือกหุ้มเมล็ดมะขามที่อบแห้งให้เป็นผงละเอียดด้วยเครื่องปั่น (a) ร่อนผ่านตะแกรงขนาด 30 เมช (b, c) บรรจุในถุงอลูมิเนียมฟอยด์และเก็บรักษาที่อุณหภูมิ -20 องศาเซลเซียส (d)	79
ข-1	กราฟมาตรฐานของ catechin ในการหาปริมาณฟลาโวนอยด์.....	81

มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพ		หน้า
ข-2	กราฟมาตรฐานของ gallic acid ในการหาปริมาณ total phenolic compounds	82
ข-3	กราฟมาตรฐานของ catechin ในการหาปริมาณ proanthocyanidins.....	83
ข-4	กราฟมาตรฐานของ BHT ในการหาฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ DPPH.....	84

มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

มะขาม (*Tamarindus indica* Linn.) เป็นไม้ยืนต้นขนาดกลางถึงขนาดใหญ่ มีการเพาะปลูกอย่างแพร่หลายในพื้นที่ภาคเหนือตอนล่าง โดยเฉพาะอย่างยิ่งจังหวัดเลยและเพชรบูรณ์สามารถผลิตมะขามได้มากเป็นอันดับ 1 และ 2 ของประเทศ คือมีปริมาณมากกว่า 60,000 และ 40,000 ตันต่อปี ตามลำดับ (กรมส่งเสริมการเกษตร, 2546) เนื้อของมะขามมีการบริโภคทั้งในรูปของฝักสดและผลิตภัณฑ์แปรรูปหลายรูปแบบ เช่น เครื่องดื่มน้ำมะขาม มะขามคลุก ซอส และเครื่องปรุงรส มะขามถูกใช้เป็นอาหารและยาสมุนไพรพื้นบ้าน โดยมีสรรพคุณในการช่วยย่อย ขับลม แก้ท้องอืดเฟ้อ เป็นยาระบาย ขับเสมหะ และบำรุงเลือด (Komutarin et al., 2004) ในกระบวนการแปรรูปทำให้เกิดของเหลือทิ้งในรูปของเปลือก รกฝักและเมล็ดมะขามจำนวนมาก ซึ่งส่วนใหญ่ทิ้งเป็นขยะและมีบางส่วนถูกนำไปใช้เป็นปุ๋ย

เมล็ดมะขาม เป็นของเหลือทิ้งในกระบวนการแปรรูปผลิตภัณฑ์มะขาม องค์ประกอบหลักของเมล็ดมะขาม คือ เปลือกหุ้มเมล็ดร้อยละ 30 และส่วนของเนื้อในเมล็ดร้อยละ 70 (Shakaracharya, 1998) มีรายงานการตรวจพบสารต้านอนุมูลอิสระหลายชนิดในส่วนของเปลือกหุ้มเมล็ดมะขาม ได้แก่ phenolic compounds, flavonoids, tannins และ anthocyanins (Pumthong, 1999; Gu et al., 2003; Tsuda et al., 1994) โดยสารกลุ่ม flavonoids ที่พบในเปลือกหุ้มเมล็ดมะขามส่วนใหญ่ประมาณร้อยละ 73 เป็นสาร proanthocyanidins คือ procyanidins, (-)-epicatechin และ (+)-catechin (Sudjaroen et al., 2005; Suksomtip and Pongsamart, 2008) นอกจากนี้สารสกัดเมล็ดมะขามยังมีฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระ ยับยั้งการเกิดออกซิเดชันของไขมัน (Tsuda et al., 1995) และต้านการเจริญของจุลินทรีย์ (De et al., 1999) สาร phenolics และ flavonoids เป็นสารที่มีสรรพคุณทางเครื่องสำอาง โดยช่วยยับยั้งการเสื่อมสลายของเซลล์ ปกป้องการเสื่อมของผิวหนังด้วยการทำหน้าที่เป็นสารต้านอนุมูลอิสระที่เกิดจากการกระตุ้นของรังสียูวี ทำให้ผิวเรียบเนียน ลดการอักเสบ (Williams et al., 1999; Guardia et al., 2001; Arct and Pytkowska, 2008) ยับยั้งการสลายตัวของคอลลาเจน ช่วยเพิ่มการไหลเวียนของเลือดที่มาหล่อเลี้ยงผิว (Benevente-Garciia et al., 1997; Garg et al., 2001; Arct and Pytkowska, 2008) จึงมักถูกนำมาใช้เป็นส่วนประกอบของเครื่องสำอางบำรุง เช่น moisturizing creams, skin care lotion และ sunscreen

ในปัจจุบันตลาดเครื่องสำอางได้ขยับตัวจากสินค้าฟุ่มเฟือยมาเป็นสินค้าจำเป็นของสตรี และมีแนวโน้มการขยายตัวค่อนข้างสูง จากข้อมูลของศูนย์วิจัยกสิกรไทย (2552) พบว่าประเทศไทยมียอดจำหน่ายเครื่องสำอางภายในประเทศมูลค่ารวมประมาณ 33,000 ล้านบาท โดยมีการนำเข้าผลิตภัณฑ์โลชันบำรุงผิวคิดเป็นมูลค่ารวมประมาณ 4,000 ล้านบาท โดยแบ่งเป็นโลชันบำรุงผิวเพื่อผิวขาวมูลค่า 2,000 ล้านบาท โลชันบำรุงผิวทั่วไปมูลค่า 1,900 ล้านบาท และโลชันบำรุงผิวที่มีประโยชน์เฉพาะมูลค่า 300 ล้านบาท สำหรับสารสกัดเมล็ดมะขามพบว่ามีการใช้ผสมในครีมบำรุงผิวที่มีจำหน่ายในท้องตลาดต่างประเทศ เช่น day cream ของ Ayurvedic (http://www.iherb.com) และ day and night cream ของ GERDA SPILLMANN (http://gerdaspillmann. wordpress.com) และยังไม่พบผลิตภัณฑ์ของไทยที่มีจำหน่ายในท้องตลาด

ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงมุ่งเน้นที่จะศึกษาวิธีการสกัดสารออกฤทธิ์ทางเวชสำอางกลุ่ม phenolic compounds และ flavonoids จากเปลือกหุ้มเมล็ดมะขาม เพื่อนำไปเพิ่มมูลค่าด้วยการพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์โลชันบำรุงผิวขาวเสริมสารต้านอนุมูลอิสระ นอกจากนี้ยังได้สร้างจุดเด่นให้กับผลิตภัณฑ์ด้วยเทคนิคนาโนอิมัลชันเพื่อให้สามารถแข่งขันในท้องตลาดได้ ผลที่ได้จากงานวิจัยนี้จะเป็นต้นแบบในการเพิ่มมูลค่าของเหลือทิ้งจากกระบวนการผลิตมะขามซึ่งมีอยู่เป็นจำนวนมากสู่ผลิตภัณฑ์ที่มีศักยภาพในเชิงการค้า สามารถนำไปต่อยอดขยายสู่ผลิตภัณฑ์รูปแบบอื่นทั้งที่เป็นอาหารและเครื่องสำอางได้ในอนาคต นอกจากนี้ยังเป็นอีกแนวทางหนึ่งในการช่วยลดปัญหาด้านสิ่งแวดล้อมและช่วยพัฒนาศักยภาพของนักวิจัย ส่งเสริมความร่วมมือระหว่างองค์กรภาครัฐและประชาชนในการช่วยเพิ่มรายได้ให้แก่ผู้ประกอบการ รวมถึงช่วยเพิ่มศักยภาพด้านการแข่งขันในเชิงธุรกิจแก่ประเทศได้อีกทางหนึ่งด้วย

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการวิจัย

1.2.1 เพื่อศึกษาชนิดของตัวทำละลาย และสภาวะในการสกัดสารต่อฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระและฤทธิ์การยับยั้งเอนไซม์ไทโรซิเนสของเปลือกหุ้มเมล็ดมะขาม

1.2.2 เพื่อพัฒนาโลชันบำรุงผิวขาวเสริมสารต้านอนุมูลอิสระสูตรนาโนอิมัลชันจากสารสกัดเปลือกหุ้มเมล็ดมะขาม

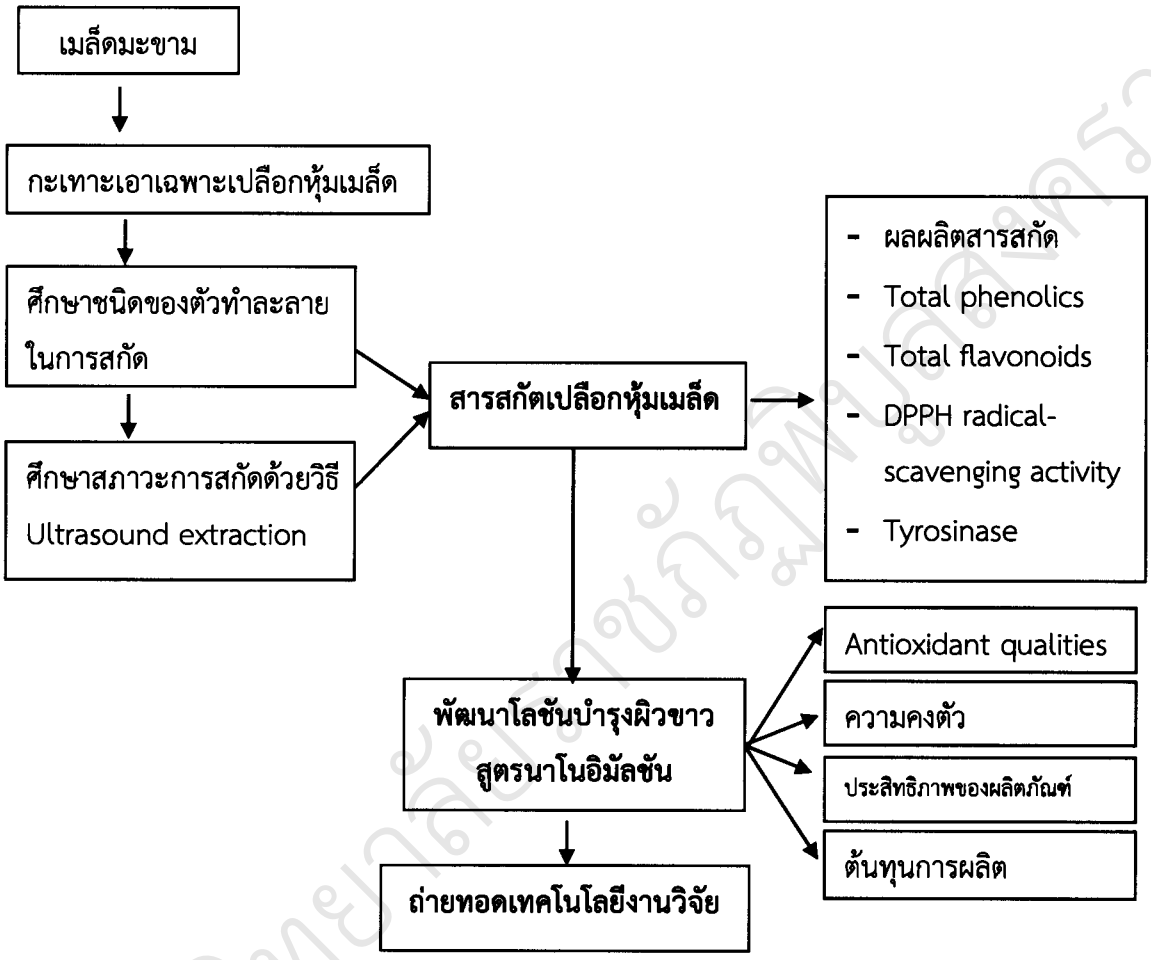
1.2.3 เพื่อทดสอบความคงตัวของโลชันบำรุงผิวขาวสูตรนาโนอิมัลชันจากสารสกัดเปลือกหุ้มเมล็ดมะขาม

1.2.4 เพื่อทดสอบการระคายเคืองและความเข้มสีผิวของผลิตภัณฑ์กับอาสาสมัคร

มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม

1.3 ขอบเขตของการวิจัย

เมล็ดมะขามที่ใช้ในการทดลองเป็นสายพันธุ์มะขามหวานพันธุ์สีทองจากจังหวัดเพชรบูรณ์ และได้กำหนดขอบเขตของการวิจัยตามแผนผังกรอบแนวความคิดในภาพที่ 1.1



ภาพที่ 1.1 แผนผังกรอบแนวความคิดของงานวิจัย

มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม

1.4 สมมติฐานของการวิจัย

มีรายงานพบว่าเปลือกหุ้มเมล็ดมะขามเป็นแหล่งสำคัญของสารต้านอนุมูลอิสระ phenolic compounds, flavonoids, tannins และ anthocyanins (Pumthong, 1999; Gu et al., 2003; Tsuda et al., 1994) โดยสารกลุ่ม flavonoids ที่พบในเปลือกหุ้มเมล็ดมะขามส่วนใหญ่ประมาณร้อยละ 73 เป็นสาร proanthocyanidins (Sudjaroen et al., 2005; Suksomtip and Pongsamart, 2008) นอกจากนี้สารสกัดเมล็ดมะขามยังมีฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระ และยับยั้งการเกิดออกซิเดชันของไขมัน (Tsuda et al., 1995) สาร phenolics และ flavonoids เป็นสารที่มีสรรพคุณทางเครื่องสำอาง และนิยมนำไปประยุกต์ใช้ในผลิตภัณฑ์เครื่องสำอางในกลุ่มครีมบำรุงผิว โดยช่วยในการยับยั้งการเสื่อมสลายของเซลล์ ปกป้องการเสื่อมของผิวหนังด้วยการทำหน้าที่เป็นสารต้านอนุมูลอิสระที่เกิดจากการกระตุ้นของรังสียูวี ทำให้ผิวเรียบเนียน ลดการอักเสบ (Williams et al., 1999; Guardia et al., 2001; Arct and Pytkowska, 2008) ยับยั้งการสลายตัวของคอลลาเจน และช่วยเพิ่มการไหลเวียนของเลือดที่มาหล่อเลี้ยงผิว (Benavente-Garciia et al., 1997; Garg et al., 2001; Arct and Pytkowska, 2008) นอกจากนี้ยังพบผลิตภัณฑ์ครีมบำรุงผิวที่มีส่วนผสมของสารสกัดเปลือกหุ้มเมล็ดมะขามในตลาดต่างประเทศด้วย

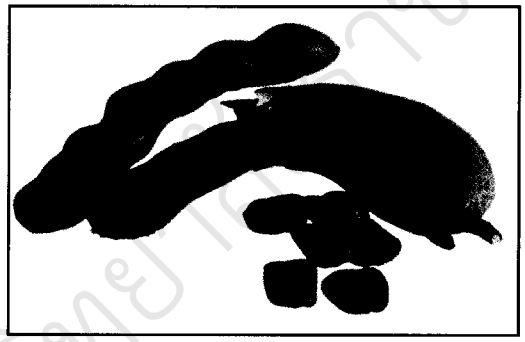
จากการศึกษาผลงานวิจัยที่เกี่ยวข้องต่างๆ แล้วสามารถกล่าวถึงทฤษฎีและสมมติฐานได้ว่าสารสกัดจากเปลือกหุ้มเมล็ดมะขามมีสรรพคุณทางเวชสำอางในการชะลอความเสื่อมของผิวหนังและยับยั้งการสร้างเม็ดสีผิวเมลานินด้วยความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ ดังนั้นกรอบแนวความคิดของงานวิจัยนี้คือ การศึกษาวิธีการสกัดสารออกฤทธิ์ทางเวชสำอางกลุ่ม phenolic compounds และ flavonoids จากเปลือกหุ้มเมล็ดมะขาม และนำไปพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์โลชันบำรุงผิวขาวเสริมสารต้านอนุมูลอิสระที่สร้างข้อได้เปรียบทางการค้าให้กับผลิตภัณฑ์ด้วยนาโนเทคโนโลยีซึ่งเป็นระบบนำส่งสารรูปแบบหนึ่งที่กำลังได้รับความสนใจในการนำไปประยุกต์ใช้กับผลิตภัณฑ์เสริมสุขภาพและความงาม โดยสามารถเพิ่มประสิทธิภาพของสารสำคัญ ความคงตัว และการดูดซึมเข้าสู่ผิวหนังได้ดีขึ้น (Tharwat et al., 2004; Koroleva and Yurtov, 2004)

มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม

บทที่ 2
ทบทวนเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

มะขาม

มะขาม (*Tamarindus indica* Linn.) จัดอยู่ในวงศ์ Caesalpiniaceae มีถิ่นกำเนิดในแถบทุ่งหญ้าแห้งแล้งของทวีปแอฟริกา และกระจายไปในแถบละตินอเมริกา หมู่เกาะคาริบเบียน และทวีปเอเชีย (Gibbon and Pain, 1985) ในประเทศไทยมีการปลูกมะขามอย่างแพร่หลาย จังหวัดที่มีการปลูกมากที่สุด ได้แก่ เพชรบูรณ์ เลย แพร่ และนครราชสีมา (กรมส่งเสริมการเกษตร, 2546) มะขาม เป็นไม้ยืนต้นขนาดกลางถึงขนาดใหญ่ มีลักษณะเป็นทรงพุ่ม เปลือกลำต้นมีสีน้ำตาลและตกสะเก็ดเป็นร่องเล็กๆ มีใบแบบรวมโดยออกเป็นคู่เรียงกันตามก้านใบ ดอกเป็นช่อขนาดเล็กออกบริเวณปลายกิ่ง ฝักหรือผลมะขามเป็นชนิดผลเดี่ยวหรือฝักเดี่ยวมีลักษณะกลม หรือค่อนข้างกลมหรือแบนและมักมีลักษณะโค้ง ส่วนของเนื้อมะขามแต่ละพันธุ์มีความแตกต่างกันทั้งสีและรส มีทั้งที่มีรสหวานและเปรี้ยว องค์ประกอบที่สำคัญในส่วนของเนื้อมะขาม คือ กรดทาร์ทาริก และมีเมล็ด 1-10 เมล็ดต่อฝัก ขึ้นอยู่กับความยาวของฝักและสายพันธุ์ (ภาพที่ 2.1)



ภาพที่ 2.1 ลักษณะของฝักมะขามและเมล็ด
ที่มา: http://www.karshakamitraagro.com/tamarind_pods.php

เมล็ดมะขาม

เมล็ดมะขาม เมื่ออ่อนมีลักษณะอ่อนนิ่ม มีสีขาว และจะเปลี่ยนเป็นเนื้อแข็ง สีน้ำตาลเข้มเป็นมันเงาเมื่อฝักมะขามสุก เมล็ดมะขามประกอบด้วยเปลือกหุ้มเมล็ดร้อยละ 30 และส่วนเนื้อในเมล็ด (endosperm) ร้อยละ 70 องค์ประกอบหลักของเนื้อในเมล็ดมะขามส่วนใหญ่ คือ tamarind gum ซึ่งเป็นสารในกลุ่ม polysaccharides ร้อยละ 65 ส่วนที่เหลือเป็นโปรตีนร้อยละ 15-21 และไขมันร้อยละ

3-8 โครงสร้างทางเคมีของ tamarind gum ประกอบด้วยน้ำตาลโมเลกุลเดี่ยว 3 ชนิด คือ glucose, xylose และ galactose (Shakaracharya, 1998; Goyal et al., 2007)

เปลือกหุ้มเมล็ดมะขามเป็นแหล่งสำคัญของสารต้านอนุมูลอิสระในกลุ่ม phenolic compounds (Pumthong, 1999; Gu et al., 2003; Tsuda et al., 1994) โดยเฉพาะอย่างยิ่งสาร proanthocyanidins (Sudjaroen et al., 2005; Suksomtip and Pongsamart, 2008) นอกจากนี้ยังมีรายงานที่บ่งชี้ว่าสารสกัดเมล็ดมะขามมีฤทธิ์ในการยับยั้งการเกิดออกซิเดชันของไขมัน (Tsuda et al., 1995) และต้านการเจริญของจุลินทรีย์ (De et al., 1999)

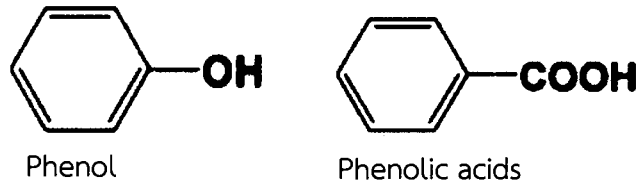
อนุมูลอิสระกับผิวหนัง

ผิวหนังเป็นอวัยวะของร่างกายที่สัมผัสกับอากาศ รังสี และสิ่งแวดล้อมอื่น ปัจจัยเหล่านี้โดยเฉพาะอย่างยิ่งรังสียูวี (ร้อยละ 80) เป็นสาเหตุหลักที่ทำให้ผิวเกิดการเสื่อมสภาพหรือสร้างความเสียหายกับผิวโดยการกระตุ้นให้เกิดอนุมูลอิสระ (free radical) และ reactive oxygen species (ROS) หลายชนิดเกิดขึ้นบริเวณผิว เช่น superoxide anion (O_2^-), hydrogen peroxide (H_2O_2), hydroxyl radical (OH^-) และ singlet oxygen ($^1O_2$) ก่อให้เกิดสภาวะเครียดจากออกซิเดชัน (oxidative stress) ที่ก่อให้เกิดความเสียหายกับผิว ได้แก่ โรคมะเร็งผิวหนัง การเสื่อมสภาพของผิว (skin aging) ร่างกายมีระบบการป้องกันความเสียหายจากอนุมูลอิสระและ ROS เหล่านี้ด้วยการสร้างเม็ดสีผิวสารเมลานินและเอนไซม์ที่มีสมบัติการต้านอนุมูลอิสระ รวมถึงการบริโภคอาหารที่มีสารต้านอนุมูลอิสระ เช่น วิตามินเอ วิตามินซี วิตามินอี สารประกอบฟีนอล และแคโรทีนอยด์ และการทาผิวด้วยผลิตภัณฑ์ที่มีสารต้านอนุมูลอิสระเพื่อช่วยป้องกันการเกิดภาวะเครียดจากออกซิเดชัน (Poljsak et al., 2011)

สารต้านออกซิเดชัน

สารออกฤทธิ์ทางเวชสำอางมักเป็นสารต้านอนุมูลอิสระ กลุ่มสารที่สำคัญมีดังนี้

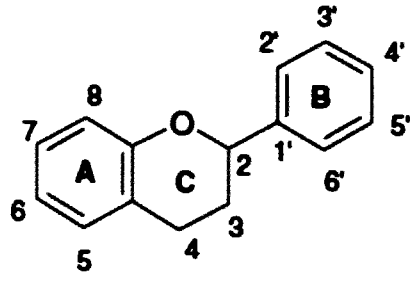
1) สารประกอบฟีนอล (phenolic compounds) จัดเป็นสารต้านอนุมูลอิสระที่พบได้ในธรรมชาติ นอกจากนี้ยังเป็นสารที่มีบทบาทสำคัญในการออกฤทธิ์ต้านแบคทีเรีย ต้านไวรัส ต้านการอักเสบ ต้านการแพ้ และมีคุณสมบัติในการสลายลิ่มเลือด รวมทั้งเป็นสารต้านการก่อมะเร็ง และช่วยลดความดันโลหิต ซึ่งคุณสมบัติดังกล่าวนี้มีความสัมพันธ์กับคุณสมบัติการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระ โครงสร้างทั่วไปของสารประกอบฟีนอล ประกอบด้วยโครงสร้างที่เป็นวงอะโรมาติก และมีหมู่แทนที่เป็นหมู่ไฮดรอกซี อย่างน้อย 1 หมู่ (ภาพที่ 2.2) (โอภา, 2550)



ภาพที่ 2.2 สูตรโครงสร้างทางเคมีของสารประกอบฟีนอล
ที่มา: Balasubdram et al. (2006)

ในปัจจุบันพบสารประกอบฟีนอลมากกว่า 8,000 ชนิด ในธรรมชาติ แบ่งเป็น 2 กลุ่มใหญ่ๆ คือ flavonoids และ non-flavonoids สูตรโครงสร้างมีตั้งแต่ชนิดที่มีโมเลกุลอย่างง่าย เช่น phenolic acid, propanoids และ flavonoids ไปจนถึงโครงสร้างโพลิเมอร์ที่ซับซ้อน เช่น lignins melanins และ tannins

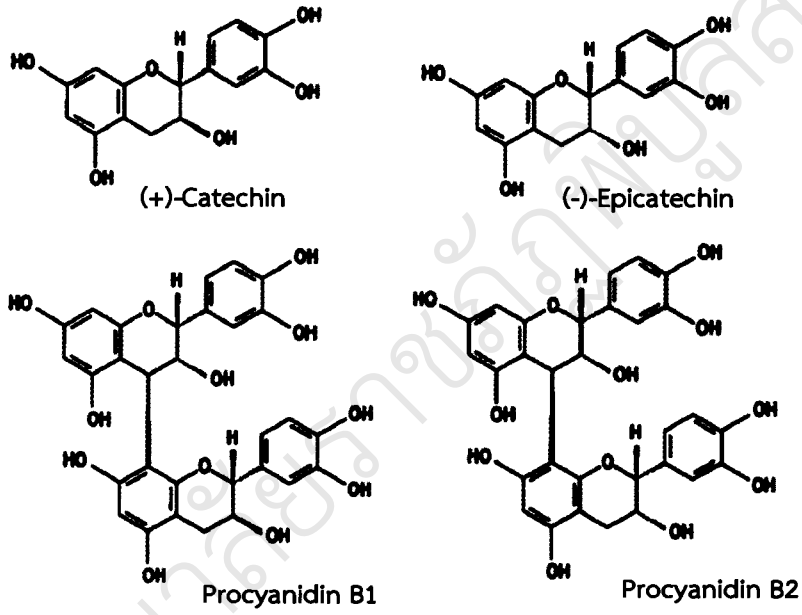
2) สาร flavonoids (ภาพที่ 2.3) เป็นสารที่มีบทบาทสำคัญในการปกป้องการเสื่อมของผิวหนังด้วยการต้านอนุมูลอิสระบริเวณผิวหนังที่เกิดจากการกระตุ้นของรังสียูวีและมีความสามารถในการดูดซับรังสียูวีทั้งชนิดยูวีบี (ความยาวคลื่น 280-320 นาโนเมตร) และยูวีเอ (ความยาวคลื่น 320-400 นาโนเมตร) นอกจากนี้สาร flavonoids ยังมีความสามารถต้านออกซิเดชันด้วยการจับกับโลหะ (metal chelating) ช่วยยับยั้งการเกิดออกซิเดชันของ low-density lipoprotein และ nucleic acids ซึ่งปฏิกิริยาดังกล่าวมีบทบาทสำคัญในการต้านการเกิดริ้วรอยของผิว (anti-aging) ช่วยยับยั้งการอักเสบของผิว ช่วยเสริมการไหลเวียนของเลือดบริเวณผิวหนัง ดังนั้นจึงเป็นการลดความเสี่ยงของการเกิดโรคเส้นเลือดขอด เซลลูไลต์และช่วยเพิ่มความเรียบเนียนให้กับผิว (Arct and Pytkowska, 2008)



ภาพที่ 2.3 โครงสร้างของ flavonoids
ที่มา: Balasundram et al. (2006)

มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม

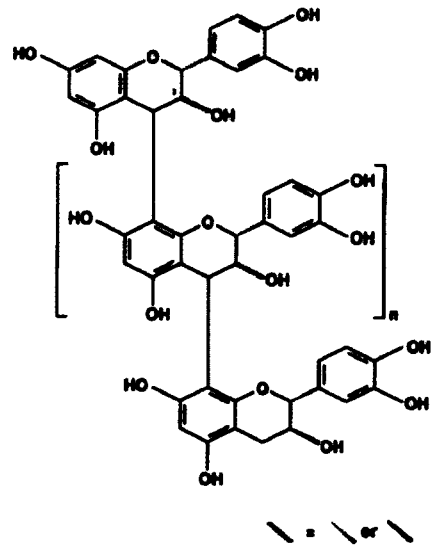
สาร procyanidins, (+)-catechin และ (-)-epicatechin (ภาพที่ 2.4) เป็นสารในกลุ่ม flavanols มีบทบาทสำคัญในการป้องกันการเกิดเส้นเลือดฝอยขยายตัว เส้นเลือดขอด และการสลายตัวของคอลลาเจน (Arct and Pytkowska, 2008) และจากรายงานของ Mantena and Katiyar (2006) พบว่าสาร procyanidins ที่สกัดจากเมล็ดองุ่นมีฤทธิ์ยับยั้งการเกิดออกซิเดชันบริเวณผิวหนังจากการกระตุ้นด้วยรังสียูวีและช่วยป้องกันการสลายตัวของคอลลาเจนบริเวณผิวหนัง จึงมีศักยภาพในการนำไปประยุกต์ใช้เป็นผลิตภัณฑ์เสริมอาหารในการปกป้องผิวจากแสงแดดหรือการเติมลงในผลิตภัณฑ์เครื่องสำอางบำรุงผิว เช่น moisturizing creams, skin care lotion และ sunscreen



ภาพที่ 2.4 โครงสร้างของสารในกลุ่ม flavanols
ที่มา: Nakamura et al. (2003)

สาร proanthocyanidins (ภาพที่ 2.5) เป็นสารต้านอนุมูลอิสระธรรมชาติที่พบผลไม้ ผัก ดอกไม้ และเปลือกไม้ จัดเป็นสาร phenolic compounds ในกลุ่ม flavonoids มีชื่อเรียกอื่นคือ condensed tannins และ procyanidins ทำหน้าที่เป็นสารตั้งต้นของสารสีฟ้า-ม่วง และสารสีแดงในพืช

มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม



ภาพที่ 2.5 โครงสร้างของสาร proanthocyanidins หรือ condensed tannins
ที่มา: Nakamura et al. (2003)

สาร proanthocyanidins มีขนาดโมเลกุลขนาดใหญ่ เป็น oligomer หรือ polymer ของสาร monomeric flavan-3-ol คือ (+)-catechin และ (-)-epicatechin จึงอาจเรียก oligomeric proanthocyanidins (OPCs) ขณะที่ procyanidins เป็น dimer ของ monomeric flavan-3-ol สาร proanthocyanidins มีสรรพคุณทางเวชสำอางโดยช่วยยับยั้งการตายของเซลล์ผิวหนัง ป้องกันความเสียหายของผิวจากการกระตุ้นของแสงยูวี โดยช่วยยับยั้งการเกิดอนุมูลอิสระและช่วยลดปริมาณเม็ดสีเมลานินบริเวณผิวหนังและยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ tyrosinase ซึ่งทำหน้าที่ในการสร้างเม็ดสีผิว (Phetdee et al., 2012; Thongmuang and Sudjaroen, 2013) ดังนั้นจึงมีส่วนช่วยทำให้ผิวมีความขาวใส ลดรอยด่างดำบนผิวหนังได้

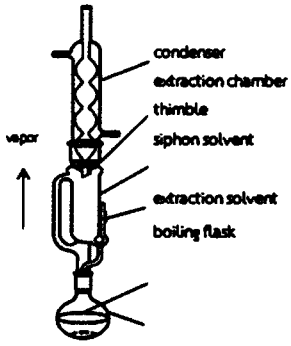
ความคงตัวของสารต้านอนุมูลอิสระ

สารประกอบฟีนอลรวมทั้งฟลาโวนอยด์และโปรแอนโทไซยานิดินมีความคงตัว (stability) สูงในช่วงอุณหภูมิที่ต่ำกว่า 50 องศาเซลเซียส คงตัวได้ดีมากในสภาวะที่เป็นกรดและเสื่อมสภาพได้มากในสภาวะเป็นด่างที่มีค่าพีเอชมากกว่า 9 และมีความคงตัวสูงเมื่อเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 4 และ -18 องศาเซลเซียส และมีการเสื่อมสภาพได้เมื่อเก็บรักษาไว้นานที่อุณหภูมิสูงเกิน 20 องศาเซลเซียส ซึ่งอาจเกิดจากปฏิกิริยาออกซิเดชัน (oxidation) ไฮโดรไลซีส (hydrolysis) และไอโซเมอไรเซชัน (isomerization) ในระหว่างการเก็บรักษา (Chang et al., 2006; Wissam et al., 2012) ขณะที่รายงานของ เนติ และคณะ (2551) ระบุว่าสารโปรแอนโทไซยานินมีความคงตัวสูงแม้อยู่ในรูปของสารละลายเครื่องสำอางที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส นาน 1 เดือน

การสกัดและการตรวจสอบสมบัติการต้านออกซิเดชันในสารสกัด

การสกัดด้วยตัวทำละลาย (solvent extraction) เป็นการแยกสารบางชนิดออกจากสารผสมโดยใช้ตัวทำละลายเป็นเทคนิคที่ใช้กันอย่างแพร่หลายในทางเคมีอินทรีย์ สารผสมที่นำมาสกัดอาจเป็นสารจากผลิตภัณฑ์ธรรมชาติ สารจากการสังเคราะห์ในห้องปฏิบัติการหรือสารจากผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม การสกัดสารด้วยตัวทำละลายอาศัยสมบัติของการทำละลายของสารที่ต่างกันในตัวทำละลายชนิดต่างๆ สารผสมที่นำมาสกัดอาจเป็นของแข็งหรือของเหลว ขณะตัวทำละลายที่ใช้สกัดมักเป็นของเหลว การสกัดสารจากของแข็ง (solid-liquid extraction) โดยทั่วไปมักทำให้ตัวอย่างของแข็งแห้งก่อนแล้วจึงบดให้เป็นผงละเอียดหรือเป็นชิ้นขนาดเล็กเพื่อเพิ่มพื้นที่ผิวให้สามารถสัมผัสกับตัวทำละลายได้มากขึ้นเมื่อสกัดด้วยตัวทำละลายที่ใช้สกัด โดยตัวทำละลายที่มักใช้ในการสกัดได้แก่ อีเธอร์ เมทิลีนคลอไรด์ คลอโรฟอร์ม อะซีโตน แอลกอฮอล์ เอทานอล เฮกเซน หรือน้ำ เมื่อแช่หรือต้มระยะหนึ่งจึงกรองเอาของแข็งออก และนำสารละลายที่ได้ไประเหยเอาตัวทำละลายออกจะทำให้ได้สารสกัดขั้นต้น (crude extract) ส่วนของแข็งที่เหลืออาจนำไปสกัดต่อได้อีก ในบางกรณีอาจสกัดขั้นแรกด้วยตัวทำละลายที่ไม่มีขั้วก่อนนำไปสกัดด้วยตัวทำละลายที่มีขั้วสูงขึ้นตามลำดับ วิธีนี้จะทำให้ได้สารสกัดขั้นต้นที่มีสารผสมหลายชนิดเมื่อนำไปแยกต่อจะได้สารที่บริสุทธิ์ซึ่งสามารถนำไปวิเคราะห์หาโครงสร้างในขั้นต่อไป

การสกัดด้วยวิธีซอห์กเลต (soxhlet extractor) เป็นการสกัดสารจากสารตัวอย่างด้วยเครื่องสกัดแบบซอกเลต (ภาพที่ 2.6) ซึ่งมีลักษณะเป็นท่อแก้วสำหรับบรรจุของแข็งที่ต้องการสกัด มีแขนข้างหนึ่งเพื่อให้ไอของตัวทำละลายจากขวดที่อยู่ด้านล่างระเหยขึ้นสู่ส่วนบน ส่วนด้านบนจะต่อกับคอนเด็นเซอร์ ด้านข้างอีกด้านหนึ่งเป็นท่อแก้วที่ขดเป็นสองชั้นเมื่อไอของตัวทำละลายควบแน่น ลงมาจะค้างในเครื่องซอห์กเลตทำให้แช่สารตัวอย่างเอาไว้ เมื่อสารละลายมีระดับสูงพอจะเกิดความดันที่ทำให้สารละลายนั้นไหลกลับสู่ขวดต้นด้านล่าง การสกัดจึงหมุนเวียนต่อเนื่องกัน วิธีนี้ทำให้ประหยัดตัวทำละลายและทำให้สารที่สกัดได้มีความเข้มข้นสูงมากขึ้น นอกจากนี้ของแข็งที่ถูกสกัดจะไม่ถูกความร้อนสูงเท่ากับการต้มโดยตรง (พิมพ์เพ็ญ และนิธิยา, 2554)



ภาพที่ 2.6 เครื่องสกัดแบบซอห์กเลต
ที่มา: พิมพ์เพ็ญ และนิธิยา (2554)

การสกัดด้วยวิธีมาเซอเรชัน (maceration) เป็นวิธีการสกัดสารสำคัญจากเนื้อเยื่อพืชโดยการหมักหรือแช่เนื้อเยื่อพืชกับตัวทำละลายที่ใช้สกัดจนกระทั่งเนื้อเยื่อพืชอ่อนนุ่ม และตัวทำละลายสามารถแทรกซึมเข้าไปละลายองค์ประกอบภายในเนื้อเยื่อและชะเอาสารสำคัญในเนื้อเยื่อออกมากับตัวทำละลาย การแช่เนื้อเยื่อพืชในตัวทำละลายควรทำในภาชนะที่มีฝาปิดสนิทจนกระทั่งองค์ประกอบที่ต้องการละลายออกมา ในระหว่างที่แช่เนื้อเยื่อพืชในตัวทำละลายควรเขย่าหรือคนเป็นครั้งคราวเพื่อเพิ่มอัตราเร็วของการสกัด ซึ่งสามารถทำได้ด้วยเครื่องเขย่าหรือใช้เครื่องมือ magnetic stirrer เมื่อครบกำหนดเวลาจึงกรอง แยกกาก (marc) ออกจากตัวทำละลาย การสกัดวิธีนี้เหมาะสำหรับเนื้อเยื่อพืชที่มีโครงสร้างที่ไม่แข็งแรงมากนัก เช่น ใบ ดอก ซึ่งทำให้อ่อนนุ่มได้ง่าย จัดเป็นวิธีที่ใช้ตัวทำละลายน้อย จึงประหยัด และเนื่องจากเป็นวิธีการที่ไม่ใช้ความร้อนจึงเหมาะสมกับการสกัดสารที่ไม่ทนกับความร้อนแต่วิธีการสกัดนี้มักจะไม่สมบูรณ์เนื่องจากไม่ค่อยมีการเคลื่อนที่ของตัวทำละลายเมื่อสารสำคัญในเนื้อเยื่อพืชละลายออกมาในระดับหนึ่งจะเกิดความสมดุลของสารสำคัญภายในเนื้อเยื่อพืชกับตัวทำละลาย ทำให้อัตราการสกัดสารสำคัญหรือการแพร่ออกมาของสารสำคัญในตัวทำละลายเกิดได้ช้าลง จึงไม่เหมาะที่จะใช้สกัดในกรณีที่ต้องการสกัดสารสำคัญจากเนื้อเยื่อพืชจนสมบรูณ์เนื่องจากวิธีการสกัดแบบมาเซอเรชันต้องใช้เวลานาน จึงมีการประยุกต์ใช้มิกเซอร์ (mixer) หรือโฮโมจีไนเซอร์ (homogenizer) มาช่วยทำให้เซลล์พืชแตกออกก่อนทำการสกัดเพื่อลดเวลาการสกัดลง ต่อมามีการพัฒนาใช้เสียงที่มีความถี่สูงเกิน 20,000 เฮิรตซ์ ร่วมในการสกัดเรียกวิธีนี้ว่า การสกัดอัลตราซาวน์ (ultrasound extraction) แต่วิธีหลังนี้อาจทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของน้ำไปเป็นเพอร์ออกไซด์ (peroxide) ซึ่งอาจมีผลต่อการสกัด นอกจากนี้อาจเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน (oxidation) ต่อสารโดยตรง เพราะขณะที่ใช้การสกัดอันตราซาวน์ทำให้เกิดช่องว่างและมีอากาศแทรกเข้าไปในตัวทำละลาย

การสกัดด้วยคลื่นอัลตราซาวน์ (ultrasound-assisted extraction) เป็นการประยุกต์ใช้คลื่น อัลตราซาวน์ในการสกัดสารออกจากสารตัวอย่างหรือพืชธรรมชาติ โดยคลื่นอัลตราซาวน์ช่วยทำให้ swelling index ของตัวอย่างพืชที่แห้งเมื่ออยู่ในตัวทำละลายเกิดขึ้นได้ดีกว่าการกวนทางกลธรรมดา โดยคลื่นอัลตราซาวน์จะประกอบด้วยช่วงอัดและช่วงขยาย เมื่อคลื่นอัลตราซาวน์ในช่วงขยายเคลื่อนที่ผ่านตัวทำละลายจะทำให้เกิดฟอง (bubble) ของตัวทำละลายขนาดเล็กจำนวนมาก จากนั้นเมื่อฟองได้รับแรงจากคลื่นในช่วงอัดจะทำให้ฟองนั้นแตกออก และเกิด microjet ที่มีความแรงมากจนสามารถเจาะทำลายผนังเซลล์ของพืชได้ เมื่อผนังเซลล์ของพืชแตกออกทำให้เพิ่มอัตราการถ่ายเทมวลได้ดียิ่งขึ้น นอกจากนี้การทำให้ขนาดของตัวอย่างที่ต้องการสกัดเล็กลงก่อนการสกัดจะช่วยเพิ่มพื้นที่การสัมผัสกับตัวทำละลายได้ง่ายขึ้นและเกิดและการชะสารสำคัญออกจากเซลล์ตัวอย่างได้มากขึ้น (Vinatoru, 2001)

โดยทั่วไปการสกัดสารต้านอนุมูลอิสระกลุ่ม phenolic compounds เช่น flavonoids, flavones, flavanols, proanthocyanins และ tannins มักใช้ตัวทำละลายอินทรีย์ เช่น เมทานอล เอทานอล เอธิลอะซิเตต และตัวทำละลายที่มีขั้วต่ำ เช่น เฮกเซน อะซีโตน คลอโรฟอร์ม ปิโตรเลียมอีเทอร์ หรือคาร์บอนเตตระคลอไรด์ (Alluri et al., 2009; Ramamoorthy and Bono 2007) สารต้านอนุมูลอิสระมักประกอบด้วยสารหลายชนิดที่ทำงานเสริมกัน จึงจะมีประสิทธิภาพสูงในการต้านออกซิเดชัน

รายงานของ Yilmaz and Toledo (2006) และ Jayaprakasha และคณะ (2001) พบว่าการใช้เอทานอลและเมทานอลเข้มข้นร้อยละ 100 ไม่เหมาะสมในการสกัดสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพกลุ่ม phenolic compounds จากเมล็ดองุ่น และพบว่าการผสมกับน้ำในตัวทำละลายอินทรีย์ช่วยในการสกัดสารในกลุ่ม phenolic compounds ได้มากขึ้น รายงานของ Yilmaz and Toledo (2006) ยังพบว่า การผสมน้ำในเอทานอลในช่วงร้อยละ 30 – 50 สามารถสกัดสาร phenolic compounds จากเมล็ดองุ่นได้ปริมาณใกล้เคียงกันและสกัดได้มากกว่าที่ระดับความเข้มข้นอื่น ซึ่งสอดคล้องกับผลการวิจัยของเกตุการ และคณะ (2555) ที่พบว่าสารสกัดเมล็ดองุ่นจากเอทานอลผสมน้ำในสัดส่วนร้อยละ 20 และ 40 มีปริมาณสาร phenolic compounds ไม่แตกต่างกัน แต่มีปริมาณมากกว่าสารสกัดจากเอทานอลเข้มข้นร้อยละ 100 และพบว่าการใช้ตัวทำละลายเมทานอลผสมกับน้ำช่วยในการสกัดสาร phenolic compounds จากเมล็ดองุ่นได้ดีกว่าเมทานอลเข้มข้นร้อยละ 100 เช่นกัน โดยการผสมน้ำในเมทานอลร้อยละ 20 สามารถสกัดสาร phenolic compounds ได้สูงกว่าตัวทำละลายเมทานอลผสมน้ำร้อยละ 40 ความเป็นขั้ว (polarity) ของตัวทำละลายเป็นปัจจัยสำคัญที่ทำให้ได้ปริมาณสารสกัด ชนิดและปริมาณสารต้านออกซิเดชันที่แตกต่างกัน โดยทั่วไปสาร phenolic compounds กลุ่มที่มี hydroxylated aglycone forms ในโครงสร้างมากมักละลายได้ดีในตัวทำละลายแอลกอฮอล์ ขณะที่สารประกอบฟีนอลกลุ่มที่มีขั้วมักถูกสกัดออกมาได้ด้วยน้ำ (Arts and Hollman, 1998)

การสกัดสารต้านออกซิเดชันในเปลือกหุ้มเมล็ดมะขามสามารถทำได้หลายวิธี เช่น การสกัดด้วยของไหลวิกฤติยิ่งยวด (supercritical fluid), shaking extraction, soxhlet extraction และ solvent extraction โดยตัวทำละลายที่ใช้ในการสกัดมีทั้งเอทานอล เมทานอล และอะซีโตนผสมน้ำ และการทดสอบฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระในสารสกัดเปลือกหุ้มเมล็ดมะขามทำได้หลายวิธี ได้แก่ DPPH radical scavenging activity, ABTS cation radical activity, ferric reducing antioxidant power (FRAP), linoleic acid emulsion system และ tyrosinase inhibition activity (ตารางที่ 2.1) แต่ละวิธีวิเคราะห์มีความจำเพาะต่อสารแตกต่างกัน โดยปกติแล้วการตรวจสอบมักจะสรุปผลจากหลายวิธีร่วมกัน เพื่อทำให้ผลการทดสอบมีความถูกต้องยิ่งขึ้น

ตารางที่ 2.1 การสกัดสารต้านอนุมูลอิสระจากเปลือกหุ้มเมล็ดมะขาม

ชนิดของมะขาม	วิธีการสกัด	สมบัติการต้านอนุมูลอิสระ	เอกสารอ้างอิง
เปลือกหุ้มเมล็ดมะขามหวานของไทย	supercritical extraction	epicatechin	Luengthanaphol et al. (2004)
เมล็ดมะขาม และส่วนของ pericarp	soxhlet extraction ด้วยตัวทำละลายเมทานอล	- total phenolic compounds, proanthocyanidins, (+)-catechin, procyanidin B2, (-)-epicatechin, procyanidin trimer, procyanidin tetramer, procyanidin pentamer, procyanidin hexamer, taxifolin, apigenin, eriodictyol, luteolin และ naringenin	Sudjaroen et al. (2005)
เปลือกหุ้มเมล็ดมะขามแบบสดและแห้ง	สกัดด้วยเมทานอลอะซีโตนผสมน้ำเข้มข้นร้อยละ 70	total phenolics, tannins, anti-DPPH radical activity, ABTS cation radical scavenging activity, ferric reducing antioxidant capacity และ linoleic acid emulsion system	Siddhuraju (2007)
เปลือกหุ้มเมล็ดมะขามเปรี้ยว	Shaking extraction ด้วยตัวทำละลายเมทานอลและเอทานอล	procyanidins และ epicatechin	Suksomtip **and** Pongsamart (2008)
เปลือกหุ้มเมล็ดมะขามของมาเลเซีย	สกัดใน shaking water bath ที่สภาวะ 40°C นาน 12 ชั่วโมง, 60°C นาน 6 ชั่วโมง และ 100°C นาน 15 นาที	- ferric reducing antioxidant capacity -total phenolic compounds	Khairunnuur et al. (2009)
เปลือกหุ้มเมล็ดมะขาม	soxhlet extraction	tyrosinase inhibition activity, antiflammation activity	Thongmuang and Sudjarroen (2013)

มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม

มีรายงานการวิจัยที่ระบุว่า เปลือกหุ้มเมล็ดมะขามประกอบด้วยสารพวกแทนนินมากถึงร้อยละ 32 จำแนกได้เป็น phloba tannin ร้อยละ 35 ที่เหลือเป็น catechol tannin สาร phloba tannin เป็นสารชนิดเดียวกันกับ condensed tannin เนื่องจากเมื่อต้มกับกรดแล้วให้ตะกอนสีแดงเรียกว่า phlobaphene หรือ red tannin โครงสร้างของ condensed tannin ประกอบด้วยสารฟลาโวนอยด์ชนิด flavan-3-ol ต่อกันเป็นสายยาว (สำรี และคณะ, 2522)

Tsuda และคณะ (1994) รายงานการพบสาร proanthocyanidin สายยาวปานกลาง ในเมล็ดมะขามปริมาณ 29.32 กรัมต่อกิโลกรัม ในขณะที่พบแทนนินที่มีมวลโมเลกุลสูง (polymer tannin) ในปริมาณ 101.89 กรัมต่อกิโลกรัม นอกจากนี้รายงานของ ภัคสิริและไมตรี (2554) ได้ทำการทดสอบทางเคมีในสารสกัดเปลือกหุ้มเมล็ดมะขาม พบสารในกลุ่มฟลาโวนอยด์ โดยพบสาร proanthocyanidin ชนิดสายยาว มากที่สุดคือร้อยละ 39 ของเปลือกเมล็ดมะขามทั้งหมด และการสกัดด้วยเอทานอลเข้มข้นร้อยละ 60 ที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส ทำให้ได้สาร proanthocyanidin ชนิดสายยาวมากที่สุดและงานวิจัยของ กรรณิการ์ (2542) ได้รายงานการวิเคราะห์ทางเคมีของสารสกัดเปลือกหุ้มเมล็ดมะขาม โดยวิเคราะห์การดูดกลืนแสงอัลตราไวโอเลต (UV) และอินฟราเรด (IR) พบว่าสารต้านออกซิเดชันในสารสกัดจากเปลือกหุ้มเมล็ดมะขามมีโครงสร้างเหมือนสาร proanthocyanidin สายยาวปานกลาง (oligomeric proanthocyanidin) ในเมล็ดองุ่น

เสาวลักษณ์ และ Shinmoto (2548) ศึกษาการสกัดสารต้านอนุมูลอิสระจากเปลือกหุ้มเมล็ดมะขามเปรี้ยว ด้วยตัวทำละลายอินทรีย์ ณ อุณหภูมิต่างๆ โดยใช้อ่างควบคุมอุณหภูมิและอ่างควบคุมอุณหภูมิที่มีการสั่นสะเทือนด้วยคลื่นอัลตราโซนิก โดยทำการศึกษาเปรียบเทียบกับ trolox พบว่า การสกัดสารต้านอนุมูลอิสระด้วยคลื่นอัลตราโซนิก ที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส โดยใช้เมทานอลเป็นตัวทำละลายมีฤทธิ์กำจัดอนุมูลอิสระ DPPH และ reducing power ขณะที่สารสกัดโดยใช้เอทิลอะซีเตตไม่แสดงฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระเมื่อวัดด้วยวิธี DPPH radical scavenging activity, ferric reducing antioxidant power และ ferrous ion chelating ability

วันเซ็งและดวงฤดี (2554) ศึกษาวิจัยเปรียบเทียบฤทธิ์ของการต้านอนุมูลอิสระจากสารสกัดเปลือกหุ้มเมล็ดมะขามหวานและมะขามเปรี้ยวโดยใช้เอทานอลเข้มข้นร้อยละ 100 พบว่า สารสกัดจากเปลือกหุ้มเมล็ดมะขามเปรี้ยว มีปริมาณฟีนอลอยู่ในช่วง 0.233 ± 0.001 ถึง 1.09 ± 0.04 ไมโครกรัมสมมูลกับ gallic acid ซึ่งมากกว่าปริมาณฟีนอลจากเปลือกหุ้มเมล็ดมะขามหวานที่พบ phenolic compounds อยู่ในช่วง 0.04 ± 0.006 ถึง 1.06 ± 0.009 ไมโครกรัมสมมูลกับ gallic acid และจากการเปรียบเทียบฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ DPPH พบว่าสารสกัดจากเปลือกหุ้มเมล็ดมะขามเปรี้ยวมีค่าการยับยั้งสาร DPPH มากกว่าสารสกัดจากเปลือกหุ้มเมล็ดมะขามหวาน ซึ่งสัมพันธ์กับปริมาณสารประกอบฟีนอลที่พบในเปลือกหุ้มเมล็ดมะขามเปรี้ยวมากกว่าในมะขามหวานอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

งานวิจัยของนันทิดา และคณะ (2556) ได้สกัดสารต้านอนุมูลอิสระจากเปลือกหุ้มเมล็ดมะขามที่ปลูกในจังหวัดเพชรบูรณ์หลายสายพันธุ์ ได้แก่ มะขามหวานพันธุ์สีทองหนัก มะขามหวานพันธุ์สีทองเบา มะขามหวานพันธุ์ศรีชมพู มะขามหวานพันธุ์ขันตี และมะขามพันธุ์เปรี้ยวยักษ์ด้วยตัวทำละลายเอทานอลเข้มข้นร้อยละ 70 ที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง สารสกัดที่ได้ถูกนำมาระเหยตัวทำละลายออกด้วยเครื่องระเหยแบบลดความดัน ทำให้ได้ผลผลิตสารสกัดหยาบคิดเป็นร้อยละ 22.31 โดยน้ำหนัก เปลือกหุ้มเมล็ดมะขามแต่ละสายพันธุ์มีปริมาณของสารในกลุ่ม total phenolic compounds ไม่ความแตกต่างกัน คือประมาณ 748 mg GAE/g extract และมีฤทธิ์ DPPH radical scavenging activity สูงกว่าวิตามินอี (α-Tocopherol) 3.14 เท่า โดยมีค่า half-inhibition concentration (IC_{50}) เท่ากับ 53.42 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร งานวิจัยนี้ได้นำสารสกัดเปลือกหุ้มเมล็ดมะขามมาพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์เสริมอาหารด้วยวิธีตอกอัดเป็นเม็ด

งานวิจัยของ Nakchat และคณะ (2014a) ได้ศึกษาการสกัดสารต้านอนุมูลอิสระจากเปลือกหุ้มเมล็ดมะขาม ด้วยน้ำร้อนและเอทานอลเข้มข้นร้อยละ 70 พบว่าสารสกัดจากเปลือกหุ้มเมล็ดมะขามส่วนใหญ่เป็นสารประกอบฟีนอลและแทนนิน โดยการสกัดด้วยน้ำร้อนทำให้ได้ปริมาณสารประกอบฟีนอลและ แทนนินสูงกว่าการสกัดด้วยเอทานอลเข้มข้นร้อยละ 70 ขณะที่สารสกัดจากเอทานอลเข้มข้นร้อยละ 70 มีปริมาณสาร proanthocyanidins สูงกว่าการสกัดด้วยน้ำร้อน และพบฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระที่วัดด้วยวิธี DPPH radical scavenging activity, superoxide anion scavenging activity และ hydrogen peroxide scavenging activity ในสารสกัดเปลือกหุ้มเมล็ดมะขาม

การศึกษาวิธีการสกัดสารต้านอนุมูลอิสระจากเปลือกหุ้มเมล็ดมะขามมีการใช้ตัวทำละลายอินทรีย์ในการสกัดทั้ง น้ำ เอทานอล เมทานอล และเอทิลอะซิเตต แต่อย่างไรก็ตามยังไม่พบรายงานที่มีการศึกษาเปรียบเทียบประสิทธิภาพของตัวทำละลายอินทรีย์เหล่านี้อย่างชัดเจน งานวิจัยนี้จึงได้ศึกษาเปรียบเทียบความสามารถในการสกัดสารต้านอนุมูลอิสระจากเปลือกหุ้มเมล็ดมะขามของตัวทำละลายอินทรีย์ คือ เอทานอลเข้มข้นร้อยละ 25 50 และ 75 เมทานอลเข้มข้นร้อยละ 25 50 และ 75 และน้ำ เพื่อให้สามารถคัดเลือกตัวทำละลายที่เหมาะสมในการสกัด และสามารถนำสารสกัดไปประยุกต์ใช้ต่อไป

มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม

โลชันบำรุงผิวขาว

โลชันบำรุงผิวขาว (whitening lotion) เป็นผลิตภัณฑ์ที่ช่วยบำรุงผิวและทำให้ผิวขาวขึ้นมีลักษณะเป็นอิมัลชันที่อยู่ในรูปแบบโลชัน มีความหนืดต่ำ เนื่องจากมีวัตภาคภายนอกในปริมาณที่สูงและวัตภาคภายในมีปริมาณไม่เกินร้อยละ 35 นิยมผลิตในรูปของอิมัลชัน oil in water (o/w) เพราะต้องใช้กับผิวหนังบริเวณกว้างเพื่อให้ทาง่ายและกระจายอย่างทั่วถึง ไม่เหนอะหนะ แทรกซึมสู่ผิวได้ดีและล้างออกง่าย โดยทั่วไปแล้วโลชันบำรุงผิวจะประกอบด้วยสารที่ทำหน้าที่หลัก คือ

1. สารมอยซ์เจอไรเซอร์ (moisturizer) คือสารที่ทำให้เกิดความชุ่มน้ำแก่ผิวหนัง ทำให้ผิวอ่อนนุ่มและยืดหยุ่นดี เช่น glycerin, propylene glycol และ urea เป็นต้น

2. สารอิมอลเลียนท์ (emollient) คือสารที่ทำหน้าที่เคลือบผิวเพื่อป้องกันการระเหยของน้ำและการสูญเสียน้ำออกจากผิวหนัง และยังทำหน้าที่ช่วยหล่อลื่นผิว ให้ผิวอ่อนนุ่ม น่าสัมผัส เช่น mineral oil, petrolatum และ squalene เป็นต้น

3. สารฮิวเมคแทนท์ (humectant) คือสารที่ทำหน้าที่ช่วยรักษาความคงตัวให้แก่ผลิตภัณฑ์และช่วยเพิ่มความชุ่มชื้นให้แก่ผิว โดยการดูดความชื้นจากอากาศมาปกคลุมผิว ตัวอย่างเช่น propylene glycol, glycerol และ sorbitol เป็นต้น

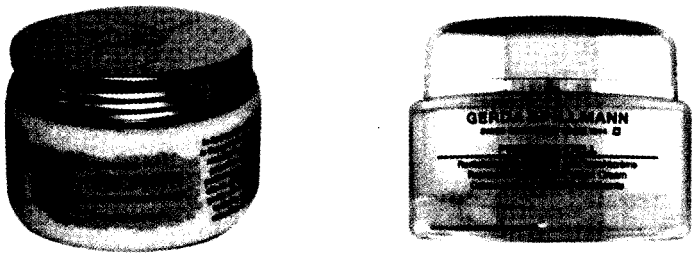
นอกจากนี้ในการตั้งสูตรตำรับจำเป็นต้องใช้สารอื่นช่วยเพื่อให้ได้เป็นผลิตภัณฑ์ที่มีรูปแบบตามต้องการ ได้แก่ สารทำอิมัลชัน สารเพิ่มเนื้อ สารเพิ่มความหนืด สารกันเสีย สารแต่งสี กลิ่น และสารช่วยเพิ่มความคงตัวต่างๆ ซึ่งในการผลิตจะใช้หลักการเดียวกับการผลิตอิมัลชันทั่วไป คือ แยกหลอมละลายวัตภาคน้ำและน้ำมันที่อุณหภูมิประมาณ 70-75 องศาเซลเซียส จากนั้นนำทั้ง 2 วัตภาคมาผสมจนเป็นเนื้อเดียวกัน ทำให้เย็น เติมสีและกลิ่น แล้วบรรจุในภาชนะ (พิมพร, 2547) อย่างไรก็ตามการนำเอาผลิตภัณฑ์บำรุงผิวมาผสมสารทำให้ผิวขาว (skin whitening agent) ได้เป็นที่นิยมมากในปัจจุบัน เพราะในสังคมสาวเอเชียนิยมการมีผิวขาว ซึ่งทำให้แลดูสะอาดตา สดใสและโดดเด่นมากในการเข้าสังคม โดยสารทำให้ผิวขาวอาจหมายความรวมไปถึงสารเคลือบคลุมผิว สารป้องกันแสงแดด สารลอกเซลล์ผิว และสารยับยั้งเอนไซม์ tyrosinase โดยพบว่าสารยับยั้งเอนไซม์ tyrosinase เป็นที่นิยมใช้มากที่สุด และได้มีงานวิจัยค้นคว้าหาสารชนิดใหม่ๆ ที่มีฤทธิ์ดังกล่าวเกิดขึ้นมากมาย (Briganti et al., 2003) และส่วนใหญ่พบว่าสาร flavonoids เป็นสารที่ได้จากธรรมชาติอีกกลุ่มหนึ่งที่มีรายงานว่าเป็นสารที่มีฤทธิ์ยับยั้งเอนไซม์ tyrosinase และได้ถูกนำมาใช้กันอย่างแพร่หลายในผลิตภัณฑ์เครื่องสำอางและยา เช่น quercetin, kaempferol, ellagic acid และ gallic acid (Lee et al., 2004; Zheng, 2008)

นอกจากนั้นสารในกลุ่ม phenolic compounds และ flavonoids ยังมีสรรพคุณในการต่อต้านหรือการชะลอการเสื่อมของผิวหนัง ซึ่งมีสาเหตุจากการเสื่อมของผิวหนัง (skin aging) ส่งผลทำให้เกิดริ้วรอยเหี่ยวย่นบนผิวหนัง ผิวหนังหยาบกร้านและหย่อนยาน สาเหตุหลักของการเสื่อมของเซลล์

ผิวหนัง คือ ปัจจัยภายใน (intrinsic aging) และปัจจัยภายนอก (extrinsic aging) โดยปัจจัยภายใน คือ การเปลี่ยนแปลงของผิวหนังตามวัยซึ่งเป็นสิ่งที่เกิดขึ้นอย่างช้าๆ เป็นผลมาจากอายุมากขึ้น หรืออาจเกิดจากพันธุกรรมด้วย สิ่งที่เกิดขึ้นคือ ผิวหนังชั้นหนังแท้และหนังกำพร้าจะบางลง ปริมาณคอลลาเจนและอีลาสติน ภายใต้ผิวลดลง ต่อมไขมัน และต่อมเหงื่อทำงานน้อยลง ทำให้ผิวหนังแห้งลงและมีริ้วรอยมากขึ้น ส่วนปัจจัยภายนอกคือการเปลี่ยนแปลงของผิวหนังที่มีสาเหตุกระตุ้นจากสิ่งแวดล้อม เช่น แสงแดด การนอนที่ไม่เพียงพอ ควันบุรี่ และสารเคมี เป็นต้น ซึ่งส่งผลทำให้ผิวหนังเสื่อมก่อนวัย สิ่งที่เห็นได้ชัดก็คือผิวหนังเหี่ยวย่น ผิวหยาบกร้านและมีรอยด่างดำบนผิวหนัง การเสื่อมของผิวหนังจากทั้ง 2 ปัจจัยนี้ส่วนใหญ่เป็นผลมาจากการกระตุ้นให้เกิดสารอนุมูลอิสระสะสมภายในร่างกาย จนทำให้เกิดภาวะเครียดออกซิเดชัน (oxidative stress) และก่อให้เกิดความเสียหายให้กับเซลล์ภายในร่างกายและผิวหนัง ดังนั้นสารต้านอนุมูลอิสระจึงมีบทบาทสำคัญในการต่อต้านและยับยั้งการเสื่อมของผิวหนังที่มีสาเหตุจากอนุมูลอิสระเหล่านี้ได้ (Jenkins, 2002; Giacomoni and Rein, 2004; Wulf et al., 2004) งานวิจัยนี้จึงมีความมุ่งหวังที่จะนำเปลือกหุ้มเมล็ดมะขามมาสกัดสารออกฤทธิ์กลุ่ม phenolic compounds และ flavonoids เพื่อนำไปพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์โลชันบำรุงผิวขาวแทนการใช้สารเคมีที่มีผลเสียและผลข้างเคียงมากมาย

รายงานของ Mukherjee และคณะ (2011) ระบุว่าการต้านอนุมูลอิสระที่บริเวณผิวหนังจะช่วยป้องกันการสูญเสียน้ำของเซลล์ผิวหนัง ปกป้องผิวจากการทำลายของแสงแดด และช่วยป้องกันการเกิดริ้วรอยของผิวส่งผลให้ผิวดูสุขภาพดีและอ่อนเยาว์ สำหรับฤทธิ์ lipid peroxidation inhibitory activity บ่งชี้ถึงความสามารถในการป้องกันการเกิดออกซิเดชันของไขมันในชั้นเมมเบรน (membrane) ของเซลล์ผิวหนังเมื่อได้รับการกระตุ้นจากสิ่งแวดล้อม ดังนั้นการทาผิวด้วยผลิตภัณฑ์ที่มีส่วนผสมของสารต้านออกซิเดชันหรือการรับประทานผลิตภัณฑ์ที่มีส่วนผสมของสารต้านออกซิเดชันจะช่วยในการป้องกันการเกิดริ้วรอย (aging) ที่เกิดจากภาวะเครียดออกซิเดชัน (Briganti et al. 2003; Lau et al., 2009)

มีรายงานการวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการสารสกัดเปลือกหุ้มเมล็ดมะขามเมล็ดไปใช้ในผลิตภัณฑ์เครื่องสำอาง โดย Lourith และคณะ (2009) ได้ศึกษาวิธีการสกัดสารต้านอนุมูลอิสระกลุ่ม phenolic compounds ในเปลือกหุ้มเมล็ดมะขามของไทย โดยใช้วิธี maceration ในเอทานอลผสมน้ำความเข้มข้นร้อยละ 70 และ partition ด้วยไดคลอโรมีเทนและเอทิลอะซีเตต และนำสารสกัดไปประยุกต์ใช้ในโลชันลดริ้วรอยสูตรน้ำนม (milky base lotion) ในตลาดต่างประเทศมีผลิตภัณฑ์เครื่องสำอางที่มีส่วนผสมของสารสกัดเปลือกหุ้มเมล็ดมะขามจำหน่าย เช่น day cream ของ Ayurvedic (http://www.iherb.com) และ day and night cream ของ GERDA SPILLMANN (http://gerdaspillmann.wordpress.com) (ภาพที่ 2.7) และยังไม่พบผลิตภัณฑ์เครื่องสำอางที่มีส่วนผสมของสารสกัดเปลือกหุ้มเมล็ดมะขามจำหน่ายในท้องตลาดของประเทศไทย



ภาพที่ 2.7 ผลิตภัณฑ์ครีมบำรุงผิวจากสารสกัดเมล็ดมะขามที่มีจำหน่ายในตลาดต่างประเทศ
ที่มา: http://www.iherb.com; http://gerdaspillmann.wordpress.com

นาโนอิมัลชัน (nanoemulsion)

เป็นอิมัลชันที่มีขนาดหยดอนุภาคเล็กอยู่ในช่วง 20-500 นาโนเมตร มีลักษณะโปร่งใสหรือโปร่งแสงเมื่อมองด้วยตาเปล่าเนื่องจากมีขนาดหยดเล็กมากในระดับนาโนเมตร นาโนอิมัลชันมีการเตรียม 3 วิธี คือ (1) แบบพลังงานสูง (high-energy) เช่น วิธี high-speed homogenizer, high-shear stirring, ultrasonic emulsification, high-pressure homogenization (2) แบบพลังงานต่ำ (low-energy) เช่น phase inversion temperature (PIT) method, the emulsion inversion point (EIP) method และ (3) แบบผสม (combined methods) ข้อดีของนาโนอิมัลชัน คือ อิมัลชันมีขนาดหยดที่เล็กมากทำให้มีการเคลื่อนที่แบบบราวน์เนียน (Brownian motion) จึงช่วยป้องกันการจับกลุ่มกันของหยดภายในอิมัลชันแบบผันกลับได้ (flocculation) หรือการเกิดการจับกลุ่มกันของหยดภายในอิมัลชันแบบผันกลับไม่ได้ (coalescence) นอกจากนี้ยังส่งผลทำให้นาโนอิมัลชันไม่เกิดการแยกชั้น (creaming) และตกตะกอนระหว่างการเก็บรักษา และช่วยเพิ่มการซึมผ่านของสารสำคัญเข้าสู่ผิวหนังได้ดีขึ้นเนื่องจากมีขนาดหยดอนุภาคเล็กสามารถแพร่กระจายบนผิวได้ดี และช่วยเพิ่มความคงตัวของสารสำคัญภายในผลิตภัณฑ์ได้ (Engels et al., 1995; Koroleva and Yurtov, 2004; Patrick et al., 2004; Tharwat et al., 2004; Ee et al., 2008)

มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม

บทที่ 3
อุปกรณ์และวิธีดำเนินการวิจัย

3.1 วัตถุดิบ

เมล็ดมะขามหวานพันธุ์สีทอง ได้รับจากบ้านวังบาล อำเภอหล่มเก่า จังหวัดเพชรบูรณ์

3.2 อุปกรณ์และเครื่องมือ

1.1.1. เครื่อง UV-Vis spectrophotometer (Evolution 201 UV – Throm Scientific, USA)

1.1.2. เครื่องอบแห้งแบบลมร้อน (Hot air oven) (Memmert®, Germany)

1.1.3. เครื่องชั่ง (Mettler toledo®, Switzerland)

1.1.4. Water bath (Memmert®, Garmany)

1.1.5. pH meter (Mettler-Toledo®, Switzerland)

1.1.6. Colorimeter (Chroma meter CR-400, Konica Minolta, Inc., Japan)

1.1.7. Brookfield viscometer (model DV-II, USA)

1.1.8. Rotary Evaporator (Buchi, Switzerland)

1.1.9. Ultrasonic (Elma, Germany)

1.1.10. Particle size analyzer (Zeta PALS, ZetaPAL® Brookhaven instruments corporation, New York, USA)

3.3 สารเคมี

3.3.1 Folin-ciocalteus (Merck, Germany)

3.3.2 Gallic acid (Fluka Biochemica, Buchs Switzerland)

3.3.3 2,2-Dipheny 1-1–picryhydrazy (Fluka Biochemica, Buchs Switzerland)

3.3.4 Butylated hydroxytoluene (BHT) (Sigma-Aldrich, Germany)

3.3.5 Ethanol (Merck, Germany)

3.3.6 Methanol (Lab-scan, Thailand)

3.3.7 Sodium carbonate (APS finechem, Australia)

3.3.8 Medium chain triglyceride (Phisanuchemical, Phitsanulok, Thailand)

3.3.9 Jojoba oil (Phisanuchemical, Phitsanulok, Thailand)

มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม

3.3.10 Silicone 350 (Phisanuchemical, Phitsanulok, Thailand)

3.3.11 Isopropyl myristate (Phisanuchemical, Phitsanulok, Thailand)

3.3.12 Cetyl alcohol (Phisanuchemical, Phitsanulok, Thailand)

3.3.13 Steric acid (Phisanuchemical, Phitsanulok, Thailand)

3.3.14 Aracel 165 (Phisanuchemical, Phitsanulok, Thailand)

3.3.15 Stearyl alcohol (Phisanuchemical, Phitsanulok, Thailand)

3.3.16 Span 80 (Phisanuchemical, Phitsanulok, Thailand)

3.3.17 Propyl paraben (Phisanuchemical, Phitsanulok, Thailand)

3.3.18 Glycerine (Phisanuchemical, Phitsanulok, Thailand)

3.3.19 Propylene glycol (Phisanuchemical, Phitsanulok, Thailand)

3.3.20 EDTA (Phisanuchemical, Phitsanulok, Thailand)

3.3.21 Tween 80 (Phisanuchemical, Phitsanulok, Thailand)

3.3.22 Methyl paraben (Phisanuchemical, Phitsanulok, Thailand)

3.3.23 Carbopol 940 (Phisanuchemical, Phitsanulok, Thailand)

3.3.24 Xanthan gum (Phisanuchemical, Phitsanulok, Thailand)

3.3.25 Trietanolamine (Phisanuchemical, Phitsanulok, Thailand)

3.3.26 Perfume (Phisanuchemical, Phitsanulok, Thailand)

ตอนที่ 1 ศึกษาวิธีการสกัดสารออกฤทธิ์ทางเวชสำอางในเปลือกหุ้มเมล็ดมะขาม

1.1 ศึกษาชนิดของตัวทำละลายที่เหมาะสมในการสกัดสารออกฤทธิ์ทางเวชสำอางในเปลือกหุ้มเมล็ดมะขาม

การเตรียมเปลือกหุ้มเมล็ดมะขาม

ทำความสะอาดเมล็ดมะขามด้วยน้ำสะอาด อบในตู้อบแบบลมร้อน อุณหภูมิ 140 องศาเซลเซียส นาน 40-45 นาที หลังเมล็ดมะขามเย็นลง กะเทาะเอาเฉพาะส่วนที่เป็นเปลือกหุ้มเมล็ดสีน้ำตาลแดงและบดให้เป็นผงละเอียด ร่อนผ่านตะแกรงขนาด 60 เมช เก็บผงเปลือกหุ้มเมล็ดมะขามในถุงอะลูมิเนียมฟอยล์ที่ -20 องศาเซลเซียส เพื่อรอการสกัดต่อไป (Komutarin et al., 2004)

มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม

การคัดเลือกชนิดของตัวทำละลายในการสกัดสารออกฤทธิ์ทางเวชสำอาง

สกัดผงเปลือกหุ้มเมล็ดมะขามด้วยตัวทำละลายอินทรีย์ โดยผันแปรชนิดของตัวทำละลาย ได้แก่ น้ำ เอทานอลผสมน้ำความเข้มข้นร้อยละ 25 50 และ 75 เมทานอลผสมน้ำความเข้มข้นร้อยละ 25 50 และ 75 ในอัตราส่วน 1:20 (โดยน้ำหนักต่อปริมาตร) สกัดภายใต้สภาวะคลื่นอัลตราโซนิก (Ultrasonic extraction) นาน 10 นาที กรองผ่านกระดาษกรอง ตรวจวิเคราะห์คุณภาพสารสกัดเปลือกหุ้มเมล็ดมะขาม ดังนี้

1) Total phenolic compounds (Luque-Rodriguez et al., 2007)
2) Total flavonoids (Yang et al., 2009)
3) Proanthocyanidins (Bordiga et al., 2011)
4) DPPH radical-scavenging activity (Maier et al., 2009)

วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (Completely Randomized Design: CRD) ทำการทดลอง 3 ซ้ำ นำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์ความแปรปรวน (analysis of variance: ANOVA) และทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยของสิ่งทดลองด้วยวิธี Duncan's New Multiple Range Test (DMRT) ที่ระดับ $P \leq 0.05$

1.2 ศึกษาสภาวะการสกัดสารออกฤทธิ์ทางเวชสำอางในเปลือกหุ้มเมล็ดมะขาม

สกัดสารออกฤทธิ์ทางเวชสำอางจากเปลือกหุ้มมะเมล็ดมะขามด้วยตัวทำละลายที่คัดเลือกจากข้อ 1 ในอัตราส่วน 1:20 (โดยน้ำหนักต่อปริมาตร) สกัดภายใต้สภาวะที่มีการผันแปร ดังนี้

1) Ultrasound extraction นาน 10 นาที
2) Ultrasound extraction นาน 20 นาที
3) Ultrasound extraction นาน 30 นาที
4) Stirring extraction อุณหภูมิห้อง นาน 24 ชั่วโมง
5) Maceration extraction อุณหภูมิห้อง นาน 48 ชั่วโมง

กรองสารละลายด้วยกระดาษกรอง สกัดซ้ำ 2 ครั้ง เก็บสารละลายที่กรองได้ทั้ง 2 ครั้งรวมกันและนำมาทำให้แห้งด้วยสภาวะสุญญากาศ ตรวจวิเคราะห์คุณภาพสารสกัดเปลือกหุ้มเมล็ดมะขาม ดังนี้

(1) ร้อยละของผลผลิต (%Yield) โดยคำนวณได้จาก

$$\text{ร้อยละของผลผลิต} = \frac{\text{น้ำหนักสารสกัดแห้ง (กรัม)} \times 100}{\text{น้ำหนักเปลือกหุ้มเมล็ดมะขามก่อนการสกัด}}$$

มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม

(2) Total phenolic compounds (Luque-Rodriguez et al., 2007)

(3) Total flavonoids (Yang et al., 2009)

(4) Proanthocyanidins (Bordiga et al., 2011)

(5) DPPH radical-scavenging activity (Maier et al., 2009)

(6) Tyrosinase inhibition activity (Manosroi et al., 2011)

วางแผนการทดลองในแบบสุ่มสมบูรณ์ ทำการทดลอง 3 ซ้ำ นำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์ความแปรปรวน (analysis of variance: ANOVA) และทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยของสิ่งทดลองด้วยวิธี Duncan's New Multiple Range Test (DMRT) ที่ระดับ $P \leq 0.05$

ตอนที่ 2 การพัฒนาตำรับโลชันบำรุงผิวขาวสูตรนาโนอิมัลชันจากสารสกัดเปลือกหุ้มเมล็ดมะขาม

2.1 พัฒนาสูตรตำรับโลชันบำรุงผิวขาวสูตรนาโนอิมัลชันจากสารสกัดเปลือกหุ้มเมล็ดมะขาม

2.1.1 เตรียมตำรับโลชันบำรุงผิวขาวสูตรนาโนอิมัลชันจากสารสกัดเปลือกหุ้มเมล็ดมะขามที่เหมาะสมโดยวิธี high-speed homogenizer โดยเริ่มพัฒนาจากสูตรพื้นฐาน ดังตารางที่ 3.1 โดยการผันแปรสัดส่วนของสารสกัดเมล็ดมะขาม 3 ระดับ โดยพิจารณาจากค่า tyrosinase inhibition activity ที่พบในสารสกัดเปลือกหุ้มเมล็ดมะขามที่ได้จากตอนที่ 1

ตารางที่ 3.1 สูตรพื้นฐานตำรับโลชันบำรุงผิวขาวสูตรนาโนอิมัลชันจากสารสกัดเปลือกหุ้มเมล็ดมะขาม

ส่วนประกอบ	ปริมาณ (%, w/w)		
	สูตรที่ 1	สูตรที่ 2	สูตรที่ 3
Phase A			
Medium chain triglyceride	3	3	3
Jojoba oil	2.2	2.2	2.2
Silicone 350	1.3	1.3	1.3
Isopropyl myristate	1.5	1.5	1.5
Cetyl alcohol	1.25	1.25	1.25
Steric acid	0.2	0.2	0.2
Aracel 165	2.5	2.5	2.5
Stearyl alcohol	0.75	0.75	0.75
Span 80	0.75	0.75	0.75
Propyl paraben	0.02	0.02	0.02

มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม

ส่วนประกอบ	ปริมาณ (%, w/w)		
	สูตรที่ 1	สูตรที่ 2	สูตรที่ 3
Phase B			
Glycerine	1.3	1.3	1.3
Propylene glycol	2.5	2.5	2.5
EDTA	0.1	0.1	0.1
Tween 80	2.5	2.5	2.5
Methyl paraben	0.2	0.2	0.2
Water to	100	100	100
Phase C			
สารสกัดเปลือกเมล็ดมะขาม*	0.05	0.10	0.25
Phase E			
Carbopol 940	0.1	0.1	0.1
Xanthan gum	0.09	0.09	0.09
Trietanolamine	0.35	0.35	0.35
Perfume	qs.	qs.	qs.

ที่มา: ดัดแปลงจาก Sisopa (2001)

* พิจารณาจากค่า tyrosinase inhibition activity ที่พบในสารสกัดเปลือกหุ้มเมล็ดมะขาม

การเตรียมตำรับพื้นฐานของโลชัน

1) แบ่งส่วนประกอบของตำรับออกเป็นวัตภาคน้ำ (phase B) และวัตภาคน้ำมัน (phase A)
2) อุ่นวัตภาคทั้งสองบนหม้ออังไอน้ำ ให้อุณหภูมิของวัตภาคน้ำประมาณ 70-75 องศาเซลเซียสและวัตภาคน้ำมันให้อุณหภูมิประมาณ 70-75 องศาเซลเซียส
3) ค่อยๆ เทวัตภาคน้ำลงในวัตภาคน้ำมันให้เป็นสายพร้อมทั้งปั่นด้วย High speed homogenizer ด้วยความเร็ว 8000 rpm/min 15 นาที
4) คนตลอดเวลาจนโลชันเย็นลงที่อุณหภูมิประมาณ 40-45 องศาเซลเซียส
5) เติมสารละลายสารสกัดเปลือกเมล็ดมะขาม (เตรียมได้จากการละลายสารสกัดเปลือกหุ้มเมล็ดมะขามในน้ำ) (phase C) คนให้เข้ากัน แล้วเติม phase D และ phase E ลงไปตามลำดับ คนจนโลชันเย็นลงที่อุณหภูมิห้อง

มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม

2.1.2 การตรวจสอบคุณภาพทางเคมี กายภาพและสมบัติการต้านออกซิเดชันในผลิตภัณฑ์โลชันบำรุงผิวขาวสูตรนาโนอิมัลชันจากสารสกัดเปลือกหุ้มเมล็ดมะขาม

1) ขนาดอนุภาคโดยเฉลี่ย (mean particle size) ด้วยเครื่อง Particle size analyzer
2) ประจุบนพื้นผิวอนุภาค (surface charge) ด้วยเครื่อง Particle size analyzer
3) ค่าสี L* a* b* วัดด้วยเครื่องวัดสี (Chroma meter CR-400, Konica Minolta, Inc., Japan)
4) ค่าความหนืดชั่งตัวอย่างครีม 2 กรัม นำไปวัดด้วยเครื่อง Brookfield viscometer model DV-III โดยใช้ spindle no. SC4-14 ความเร็วรอบ 10 รอบ/นาที
5) ค่า pH นำตัวอย่างครีมไปกระจายตัวในน้ำกลั่น อัตราส่วนระหว่างครีมกับน้ำกลั่นเป็น 1:10 (w/v) แล้ววัดด้วยเครื่อง pH meter
6) Total phenolic compounds

ชั่งตัวอย่างตำรับนาโนอิมัลชัน ประมาณ 200 มิลลิกรัม ใส่ลงใน microcentrifuge tube ละลายด้วยเอทานอล 1.5 มิลลิลิตร นำไปสกัดภายใต้สภาวะอัลตราโซนิกนาน 10 นาที จากนั้นนำไปปั่นเหวี่ยงที่ความเร็วรอบ 14,000 rpm เป็นเวลา 10 นาที เก็บส่วนใสนำไปวิเคราะห์ปริมาณ total phenolic compounds (Manosroi et al., 2011) คำนวณหาปริมาณของสารประกอบฟีนอลในหน่วย mg gallic equivalent (GAE)/g โดยเปรียบเทียบกับกราฟมาตรฐานของสาร gallic acid

7) Total flavonoids

ชั่งตัวอย่างตำรับนาโนอิมัลชัน ประมาณ 200 มิลลิกรัม ใส่ลงใน microcentrifuge tube ละลายด้วยเอทานอล 1.5 มิลลิลิตร นำไปสกัดภายใต้สภาวะอัตราโซนิกนาน 10 นาที จากนั้นนำไปปั่นเหวี่ยงที่ความเร็วรอบ 14,000 rpm เป็นเวลา 10 นาที เก็บส่วนใสนำไปวิเคราะห์ปริมาณ total flavonoids ด้วยเครื่อง UV-Vis Spectrophotometer ที่ความยาวคลื่น 510 นาโนเมตร (Manosroi et al., 2011) คำนวณหาปริมาณของสารฟลาโวนอยด์ในหน่วย mg catechin equivalent (CE)/g โดยเปรียบเทียบกับกราฟมาตรฐานของ catechin

8) DPPH radical-scavenging activity

ชั่งตัวอย่างตำรับนาโนอิมัลชัน ประมาณ 200 มิลลิกรัม ใส่ลงใน microcentrifuge tube ละลายด้วยเอทานอล 1.5 มิลลิลิตร นำไปสกัดภายใต้สภาวะอัตราโซนิกนาน 10 นาที จากนั้นนำไปปั่นเหวี่ยงที่ความเร็วรอบ 14,000 rpm เป็นเวลา 10 นาที เก็บส่วนใสนำไปวิเคราะห์ DPPH radical-scavenging activity วัดค่าการดูดกลืนแสงด้วยเครื่อง UV-Vis Spectrophotometer ที่ความยาวคลื่น 517 นาโนเมตร (Manosroi et al., 2011) คำนวณค่า DPPH radical-scavenging activity ในหน่วย mg BHT/g โดยเปรียบเทียบกับกราฟมาตรฐานของ BHT

มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม

2.2 การศึกษาความคงตัวของโลชันบำรุงผิวขาวสูตรนาโนอิมัลชันจากสารสกัดเปลือกหุ้มเมล็ดมะขาม

2.2.1 ความคงตัวต่อสภาวะเร่ง heating-cooling cycles

ทดสอบความคงตัวของผลิตภัณฑ์โลชันบำรุงผิวขาวจากสารสกัดเปลือกหุ้มเมล็ดมะขามในสภาวะเร่ง heating-cooling cycles จำนวน 6 รอบ โดยทำการเก็บผลิตภัณฑ์ไว้ในภาชนะปิดสนิทและพ้นแสงที่อุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส นาน 48 ชั่วโมง และเก็บที่ 4°C นาน 48 ชั่วโมง นับเป็น 1 รอบ ทำการตรวจวิเคราะห์ความคงตัว ของผลิตภัณฑ์ ดังนี้

1) ความคงตัวทางด้านกายภาพ และเคมี
   (1) การแยกชั้น
   (2) ขนาดอนุภาคโดยเฉลี่ย รายละเอียดแสดงในข้อ 2.1.2 (1)
   (3) ประจุบนพื้นผิวอนุภาค รายละเอียดแสดงในข้อ 2.1.2 (2)
   (4) ค่าสี L a* b* รายละเอียดแสดงในข้อ 2.1.2 (3)
   (5) ค่าความหนืด รายละเอียดแสดงในข้อ 2.1.2 (4)
   (6) ค่า pH รายละเอียดแสดงในข้อ 2.1.2 (5)
2) ความคงตัวของสารต้านออกซิเดชัน
   (1) Total phenolic compounds รายละเอียดแสดงในข้อ 2.1.2 (6)
   (2) Total flavonoids รายละเอียดแสดงในข้อ 2.1.2 (7)
   (3) DPPH radical-scavenging activity รายละเอียดแสดงในข้อ 2.1.2 (8)

2.2.2 ความคงตัวในสภาวะปกติ

เก็บผลิตภัณฑ์โลชันบำรุงผิวขาวจากสารสกัดเปลือกหุ้มเมล็ดมะขามไว้ที่อุณหภูมิปกติในภาชนะปิดสนิทและพ้นแสง ทำการตรวจวิเคราะห์ความคงตัวของผลิตภัณฑ์หลังการเก็บรักษานาน 1 และ 3 เดือน ดังนี้

1) ความคงตัวทางด้านกายภาพ และเคมี
   (1) การแยกชั้น
   (2) ขนาดอนุภาคโดยเฉลี่ย รายละเอียดแสดงในข้อ 2.1.2 (1)
   (3) ประจุบนพื้นผิวอนุภาค รายละเอียดแสดงในข้อ 2.1.2 (2)
   (4) ค่าสี L a* b* รายละเอียดแสดงในข้อ 2.1.2 (3)
   (5) ค่าความหนืด รายละเอียดแสดงในข้อ 2.1.2 (4)
   (6) ค่า pH รายละเอียดแสดงในข้อ 2.1.2 (5)

มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม

2) ความคงตัวของสารต้านออกซิเดชัน

(1) Total phenolic compounds รายละเอียดแสดงในข้อ 2.1.2 (6)

(2) Total flavonoids รายละเอียดแสดงในข้อ 2.1.2 (7)

(3) DPPH radical-scavenging activity รายละเอียดแสดงในข้อ 2.1.2 (8)

2.3 ศึกษาประสิทธิภาพของผลิตภัณฑ์โลชันบำรุงผิวขาวสูตรนาโนอิมัลชันจากสารสกัดเปลือกหุ้มเมล็ดมะขามกับอาสาสมัคร

2.3.1 การทดสอบความระคายเคืองของผลิตภัณฑ์โดยวิธี close patch test

โดยทำการแบ่งท้องแขนออกเป็น 4 จุด ให้แต่ละจุดมีพื้นที่ 3 x 3 ตารางเซนติเมตร จากนั้นทาสารที่ต้องการทดสอบ คือ ผลิตภัณฑ์จริง ผลิตภัณฑ์หลอก และ sterile water ลงบนผิวของผู้รับการทดสอบจำนวน 15 คน แล้วปิดด้วยผ้าก๊อตและพลาสติก เป็นเวลา 48 ชั่วโมง โดยตลอดเวลาที่ทดสอบต้องไม่ให้บริเวณที่ปิด patch สัมผัสกับน้ำ จากนั้นแกะ patch ออก และนำมาประเมินดูความแพ้โดยการให้คะแนน ดังนี้

0	=	ไม่เห็นปฏิกิริยาใดๆ ด้วยตาเปล่า
1	=	ผื่นแดงเล็กน้อย
2	=	ผื่นแดงมาก
3	=	ผื่นแดงมากและบวม
4	=	ผื่นแดงมาก บวม มีแผลพุพอง

2.3.2 การทดสอบประสิทธิภาพของผลิตภัณฑ์ในอาสาสมัคร

1) การศึกษานำร่องเพื่อประเมินการให้ความร่วมมือของอาสาสมัคร

การทดสอบประสิทธิภาพและความปลอดภัยของผลิตภัณฑ์โลชันครีมบำรุงต้องการความร่วมมือจากอาสาสมัครเป็นสำคัญในการให้ได้มาซึ่งผลการทดลองที่ถูกต้อง ดังนั้นจึงมีความจำเป็นต้องทำการศึกษานำร่องเพื่อประเมินการให้ความร่วมมือ (compliance) ของอาสาสมัคร เพื่อให้แน่ใจว่าอาสาสมัครที่เข้าร่วมการวิจัยสามารถปฏิบัติตามคำแนะนำในการใช้ผลิตภัณฑ์ได้อย่างถูกต้องตลอดการทดลอง การศึกษานำร่องนี้กระทำในอาสาสมัครที่ได้รับการคัดเลือกเข้าร่วมการทดลอง 25 คน โดยให้อาสาสมัครแต่ละคนได้รับผลิตภัณฑ์หลอก (placebo) ที่มีลักษณะเหมือนผลิตภัณฑ์ทดลองทุกประการแต่ไม่มีสารสำคัญ แนะนำอาสาสมัครให้ทาผลิตภัณฑ์ที่แขนข้างใดข้างหนึ่งตามกำหนดหลังการอาบน้ำตอนเช้า ใช้ผลิตภัณฑ์ทุกวันเป็นเวลา 1 สัปดาห์ ระหว่างนี้ต้องไม่ใช้ผลิตภัณฑ์บำรุงผิวอื่นใด ผู้วิจัยมอบบันทึกประจำวัน (diary) ให้อาสาสมัครบันทึกวัน เวลา และวิธีใช้

มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม

ผลิตภัณฑ์ พร้อมระบุความรู้สึกหลังใช้ทุกครั้ง ระยะเวลาทำการศึกษานำร่อง 6 วัน เช้าวันที่ 7 อาสาสมัครนำสมุดบันทึกประจำวันมาคืนให้กับผู้วิจัยเพื่อประเมินความร่วมมือโดยดูจากความสม่ำเสมอและความถูกต้องของการบันทึก

2) การคัดเลือกอาสาสมัคร

กลุ่มตัวอย่าง คือ อาสาสมัครสุขภาพดีจำนวน 25 คน

2.1) เกณฑ์การคัดเลือก (inclusion criteria) และคัดแยก (exclusion criteria) อาสาสมัครผู้เข้าร่วมโครงการวิจัย ปฏิบัติดังนี้

<u>เกณฑ์การคัดเลือก</u>

(1) เพศหญิงหรือชาย มีสุขภาพโดยทั่วไปแข็งแรงและอายุ 18 -50 ปี

(2) มีสีผิวคล้ำ

(3) ไม่มีประวัติสูบบุหรี่ ดื่มสุราเป็นประจำ หรือติดสารเสพติดชนิดอื่นๆ

(4) ไม่มีประวัติแพ้ส่วนประกอบในผลิตภัณฑ์บำรุงหรือเครื่องสำอางใดๆ ที่มีจำหน่ายในท้องตลาด

(5) มีความสมัครใจที่จะเข้าร่วมการศึกษาหลังจากได้รับทราบถึงวัตถุประสงค์ วิธีการ ความเสี่ยง ผลที่จะได้จากการศึกษา และยินยอมกระทำตามแนวปฏิบัติในการทดลอง ตลอดระยะเวลาดำเนินการ (6 สัปดาห์) ก่อนเริ่มดำเนินการทดลอง อาสาสมัครทุกคนจะต้องลงลายมือชื่อในใบยินยอมด้วยความสมัครใจ (ภาคผนวก ข)

ดำเนินการทดสอบผลิตภัณฑ์เป็นระยะเวลา 6 สัปดาห์ เนื่องจากการผลัดเซลล์ผิวของคนปกติจะใช้เวลาประมาณ 4 สัปดาห์ ซึ่งในช่วง 4 สัปดาห์แรกในการวัดอาจจะเป็นเซลล์ผิวหนังเก่าซึ่งยังไม่สามารถเห็นผลได้ชัดเจน แต่เมื่อหลังจากเกิดการผลัดเซลล์ผิวในสัปดาห์ที่ 5-6 จะเป็นเซลล์ผิวใหม่ซึ่งถ้าผลิตภัณฑ์สามารถยับยั้งกระบวนการเกิดสีผิวได้จะสามารถวัดได้ว่ามีแนวโน้มขาวขึ้น

<u>เกณฑ์การคัดแยก</u>

(1) มีประวัติผิวแพ้ง่าย (hyperallergic reaction)

(2) มีประวัติโรคผิวหนังอักเสบออกผื่น (eczema) หรือโรคสะเก็ดเงิน (psoriasis) ในส่วนใดๆ ของร่างกายในช่วง 6 เดือนที่ผ่านมา

(3) มีประวัติการใช้ยาสเตอรอยด์ ยาปฏิชีวนะ ยาต้านการอักเสบที่มิใช่สเตอรอยด์ หรือยาต้านฮีสตามีนในช่วง 3 วันก่อนเข้าร่วมในโครงการวิจัย

มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม

(4) มีประวัติการใช้ยาเฉพาะที่ (topical medicine) บริเวณผิวแขนในช่วง 3 สัปดาห์ก่อนเข้าร่วมในโครงการวิจัย

(5) มีประวัติผ่าตัดใหญ่ (major operation) ในช่วง 1 ปีที่ผ่านมา

(6) มีประวัติมะเร็งที่ผิวหนังส่วนใดๆ ในช่วง 1 ปีที่ผ่านมา

(7) อยู่ในสภาวะตั้งครรภ์ หรือให้นมบุตร

2.2) เกณฑ์การให้ออกจากการศึกษา (discontinuation criteria)

(1) ในระหว่างที่ดำเนินการทดลอง ผู้วิจัยพิจารณาว่าอาสาสมัครเกิดอาการแพ้ต่อผลิตภัณฑ์ทดสอบ

(2) อาสาสมัครใช้ผลิตภัณฑ์บำรุงผิวชนิดอื่นนอกจากผลิตภัณฑ์ทดสอบระหว่างการทดลอง

(3) อาสาสมัครขอยกเลิกการเข้าร่วมการทดลอง

3) รูปแบบการวิจัย

รูปแบบการวิจัยเป็นแบบแบ่งครึ่ง โดยใช้อาสาสมัครเป็นตัวควบคุมของตนเอง ทำการทดลองที่บริเวณแขนแบบสุ่มข้าง (half-sided, paired design, randomized of arm sides)

4) การทดลอง

การทดลองใช้เวลาทั้งสิ้น 6 สัปดาห์ รายละเอียดมีดังนี้

ในวันแรกของการทดลอง (T_0) ผู้วิจัยกำหนดให้อาสาสมัครมาถึงสถานที่ทำการทดลองก่อนเวลา 8.00 น. โดยไม่ใช้เครื่องผลิตภัณฑ์บำรุงผิว และ/หรือเครื่องสำอางใดๆ บริเวณแขน ผู้วิจัยประเมินความเข้มของสีผิวของอาสาสมัคร ณ เวลาก่อนใช้ผลิตภัณฑ์ด้วยเครื่อง Chromameter พร้อมถ่ายรูปบริเวณท้องแขนทั้งสองด้าน จากนั้นผู้วิจัยมอบผลิตภัณฑ์ทดสอบให้แก่อาสาสมัคร พร้อมแนะนำวิธีใช้อย่างละเอียด กล่าวคือ ทาผลิตภัณฑ์ทดสอบบนแขนข้างที่กำหนดเวลาหลังทำความสะอาดร่างกายตอนเช้า และเย็นทุกวัน ระหว่างการทดลอง 6 สัปดาห์ อาสาสมัครสามารถใช้ผลิตภัณฑ์ทำความสะอาดร่างกายอื่นๆ ได้ตามปกติ แต่ไม่อนุญาตให้ใช้ผลิตภัณฑ์บำรุงผิวบริเวณแขนอื่นๆ

ในวันที่ 7 (T1), 15 (T_2), 22 (T_3) 29 (T_4), 36 (T_4), และ 42 (T_6) ผู้วิจัยกำหนดให้อาสาสมัครมาถึงสถานที่ทำการทดลองก่อนเวลา 8.00 น. โดยไม่ใช้เครื่องผลิตภัณฑ์บำรุงผิว และ/หรือเครื่องสำอางใดๆ บริเวณแขน ผู้วิจัยประเมินความเข้มของสีผิว ของอาสาสมัคร ณ เวลาก่อนใช้ผลิตภัณฑ์ด้วยเครื่อง Chromameter พร้อมถ่ายรูปบริเวณท้องแขนทั้งสองด้าน

มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม

ตารางที่ 3.2 แผนการเลือกแขนเพื่อทดลองใช้ผลิตภัณฑ์

อาสาสมัครคนที่	ด้านซ้าย	ด้านขวา
1	T	C
2	C	T
3	T	C
.	.	.
.	.	.
.	.	.
.	.	.

T = ใช้ผลิตภัณฑ์ทดสอบ (มีสารสำคัญ)

C = ใช้ผลิตภัณฑ์ควบคุม (ไม่มีสารสำคัญ)

5) การวัดผลการทดลอง

การประเมินระดับความเข้มสีผิว โดยวัดค่า L* a* b* ของผิวจากเครื่องมือ Chromameter โดยค่า L* แสดงค่าเม็ดสีผิว (pigment) ค่า a* แสดงค่าความแดงของผิว (erythema) และค่า b* แสดงค่าความซีดของผิว (sallowness) (Clarys et al., 2000; Takiwaki, 1998; Yun et al., 2010)

2.3.3 ประเมินความพึงพอใจของผลิตภัณฑ์

ประเมินความพึงพอใจของผลิตภัณฑ์ โดยใช้วิธี 5-Point Hedonic Scale จากอาสาสมัคร จำนวน 25 คน ในผลิตภัณฑ์โลชันบำรุงผิวขาวจากสารสกัดเปลือกหุ้มเมล็ดมะขามต่อคุณลักษณะทางประสาทสัมผัส ได้แก่ สีของผลิตภัณฑ์ กลิ่นของผลิตภัณฑ์ ความข้นหนืดของโลชัน การกระจายตัวของโลชันบนผิวหนัง การซึมเข้าสู่ผิวของโลชันหลังใช้ ความชุ่มชื้นของผิวหลังใช้ ความนุ่ม/เรียบเนียนของผิวหลังใช้ และความพึงพอใจโดยรวมต่อผลิตภัณฑ์

2.4 ศึกษาต้นทุนการผลิตผลิตภัณฑ์โลชันบำรุงผิวขาวสูตรนาโนอิมัลชันจากสารสกัดเปลือกหุ้มเมล็ดมะขาม

ทำการศึกษาต้นทุนของผลิตภัณฑ์โลชันบำรุงผิวขาวสูตรนาโนอิมัลชันที่ผลิตได้บรรจุในขวดพลาสติกขนาด 120 กรัม การคำนวณต้นทุนวัตถุดิบในการผลิตโลชันบำรุงผิวขาว แบ่งเป็นสัดส่วนต้นทุนทั้งหมด 100 ส่วน จะประกอบด้วยต้นทุนของวัตถุดิบร้อยละ 52 ต้นทุนแรงงานร้อยละ 32 และต้นทุนค่าใช้จ่ายอื่นๆ ร้อยละ 16 (จีรพรรณ, 2530)

มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม

2.5 ถ่ายทอดองค์ความรู้การผลิตโลชันบำรุงผิวขาวสูตรนาโนอิมัลชันจากสารสกัดเปลือกหุ้มเมล็ดมะขาม

ถ่ายทอดองค์ความรู้การสกัดสารต้านอนุมูลอิสระจากเปลือกหุ้มเมล็ดมะขามและการผลิตโลชันบำรุงผิวขาวสูตรนาโนอิมัลชันจากสารสกัดเปลือกหุ้มเมล็ดมะขามให้กับกลุ่มแม่บ้าน วิสาหกิจชุมชน ผู้ประกอบการ และผู้สนใจทั่วไป โดยการจัดอบรมเชิงปฏิบัติการ จำนวน 1 ครั้ง ใช้เวลาในการดำเนินการ 1 วัน ณ คณะเทคโนโลยีการเกษตรและอาหาร มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม

มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม

บทที่ 4
ผลการวิจัยและวิจารณ์ผลการทดลอง

ตอนที่ 1 ผลการศึกษาวิธีการสกัดสารออกฤทธิ์ทางเวชสำอางในเปลือกหุ้มเมล็ดมะขาม

1.1 ผลการศึกษาชนิดของตัวทำละลายที่เหมาะสมในการสกัดสารออกฤทธิ์ทางเวชสำอางในเปลือกหุ้มเมล็ดมะขาม

1.1.1 สารต้านออกซิเดชันในสารสกัดเปลือกหุ้มเมล็ดมะขาม

ปริมาณสารต้านออกซิเดชัน คือ phenolic compounds, flavonoids และ proanthocyanidins ในเปลือกหุ้มเมล็ดมะขามที่สกัดด้วยน้ำ เอทานอลผสมน้ำ (ความเข้มข้นร้อยละ 25 50 และ 75) และ เมทานอลผสมน้ำ (ความเข้มข้นร้อยละ 25 50 และ 75) แสดงในตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 ปริมาณ phenolic compounds, flavonoids และ proanthocyanidins ในสารสกัดเปลือกหุ้มเมล็ดมะขามที่สกัดด้วยตัวทำละลายแตกต่างกัน

ตัวทำละลาย	Phenolics compounds (mg GAE/g TSC)	Flavonoids (mg CE/g TSC)	Proanthocyanidins (g CE/g TSC)
น้ำ	126.15 ± 4.48e	21.99 ± 0.48b	800.76 ± 4.33g
เอทานอลเข้มข้นร้อยละ 25	289.75 ± 11.73c	25.28 ± 1.13a	2961.20 ± 18.33e
เอทานอลเข้มข้นร้อยละ 50	29508 ± 9.06c	11.45 ± 0.16c	4647.80 ± 42.57c
เอทานอลเข้มข้นร้อยละ 75	336.35 ± 8.54b	9.10 ± 0.78d	9393.00 ± 26.46a
เมทานอลเข้มข้นร้อยละ 25	256.89 ± 10.45d	11.64 ± 0.65c	2597.20 ± 22.27f
เมทานอลเข้มข้นร้อยละ 50	344.43 ± 5.78ab	9.73 ± 0.21d	3723.80 ± 27.06d
เมทานอลเข้มข้นร้อยละ 75	355.74 ± 5.52a	2.21 ± 0.40e	6247.73 ± 45.49b

GAE = gallic acid equivalent; TSC = tamarind seed coat; CE = catechin equivalent; ข้อมูลในตารางเป็นค่าเฉลี่ย ± ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (n = 3) และตัวอักษรแตกต่างกันในแนวสดมภ์มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

สารสกัดเปลือกหุ้มเมล็ดมะขามจากน้ำ สารละลายเอทานอลและเมทานอลสามารถสกัดสารประกอบฟีนอลได้แตกต่างกันอยู่ในช่วง 126.15 - 355.74 mg gallic acid equivalent (GAE)/g tamarind seed coat (TSC) โดยสารสกัดจากสารละลายเมทานอลเข้มข้นร้อยละ 75 มีปริมาณสารประกอบฟีนอลสูงกว่าตัวทำละลายอื่นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) และสารสกัดจากน้ำมี

มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม

ปริมาณสารประกอบฟีนอลต่ำที่สุด เมื่อเพิ่มความเข้มข้นของเมทานอลหรือเอทานอลมากขึ้นทำให้ได้สารสกัดที่มีปริมาณสารประกอบฟีนอลเพิ่มมากขึ้น งานวิจัยนี้ได้ผลที่แตกต่างจากรายงานของ Nakchat และคณะ (2014a) ที่พบว่าสารสกัดเปลือกหุ้มเมล็ดมะขามจากการสกัดด้วยน้ำร้อนมีปริมาณสารประกอบฟีนอลสูงกว่าการสกัดด้วยเอทานอลเข้มข้นร้อยละ 70 ซึ่งอาจเป็นผลจากความแตกต่างของวิธีการสกัดที่แตกต่างกัน สำหรับสารในกลุ่ม flavonoids พบในสารสกัดอยู่ในช่วง 2.21 - 25.28 mg catechin equivalent (CE)/g โดยสารสกัดจากเอทานอลเข้มข้นร้อยละ 25 มีปริมาณสาร flavonoids สูงกว่าสารสกัดจากตัวทำละลายอื่นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) รองลงมาคือสารสกัดจากน้ำ และสารสกัดจากเมทานอลเข้มข้นร้อยละ 75 มีปริมาณสาร flavonoids ต่ำที่สุด เมื่อเพิ่มความเข้มข้นของเอทานอลหรือเอทานอลมากขึ้นทำให้สารสกัดที่ได้มีปริมาณ flavonoids ลดต่ำลงตามลำดับ

สำหรับโปรแอนโทไซยานินดิน (proanthocyanidins) พบในสารสกัดเปลือกหุ้มเมล็ดมะขามอยู่ในช่วง 800.76 – 9,393.00 g CE/g โดยสารละลายเอทานอลความเข้มข้นร้อยละ 75 มีประสิทธิภาพในการสกัดสาร proanthocyanidins จากเปลือกหุ้มเมล็ดมะขามมากที่สุด รองลงมาคือสารละลายเมทานอลความเข้มข้นร้อยละ 75 และเอทานอลความเข้มข้นร้อยละ 50 ตามลำดับ และน้ำเป็นตัวทำละลายที่สามารถสกัดสาร proanthocyanidins ได้น้อยที่สุด สอดคล้องกับรายงานของ Nakchat และคณะ (2014a) ที่พบว่าสารสกัดเปลือกหุ้มเมล็ดมะขามจากเอทานอลเข้มข้นร้อยละ 70 มีปริมาณสาร proanthocyanidins สูงกว่าการสกัดด้วยน้ำร้อน

เมื่อเปรียบเทียบระหว่างตัวทำละลายเมทานอลและเอทานอลที่ระดับความเข้มข้นเดียวกัน งานวิจัยนี้พบว่าเมทานอลสามารถสกัดสารประกอบฟีนอลได้ดีกว่าเอทานอลสอดคล้องกับรายงานที่มีก่อนหน้านี้ (Lapornik et al., 2005; Siddhuraju, 2007; Jouki and Khazaei, 2010) ขณะที่เอทานอลสามารถสกัดสารในกลุ่ม flavonoids และ proanthocyanidins ออกจากเปลือกหุ้มเมล็ดมะขามได้ดีกว่าเมทานอลที่ระดับความเข้มข้นเดียวกัน งานวิจัยนี้พบว่าสารสกัดเปลือกหุ้มเมล็ดมะขามมีสารต้านออกซิเดชันกลุ่ม proanthocyanidins มากที่สุดคิดเป็นสัดส่วนร้อยละ 84-96 ของปริมาณสารต้านออกซิเดชันที่ตรวจพบทั้งหมด มีรายงานที่ระบุว่าสาร proanthocyanidins ในเปลือกหุ้มเมล็ดมะขามเป็นชนิด oligomeric ที่มีความยาวของโครงสร้างปานกลางที่สามารถถูกสกัดออกมาได้ดีด้วยตัวทำละลายเอทานอล (Tsuda et al., 1994)

ตัวทำละลายแต่ละชนิดมีสภาพความเป็นขั้ว (polarity) ที่แตกต่างกัน โดยพบว่าน้ำเป็นตัวทำละลายที่มีสภาพขั้วสูงที่สุด รองลงมา คือ เอทานอล และเมทานอล ตามลำดับ การผสมน้ำกับเอทานอลหรือเมทานอลจึงเป็นการเพิ่มความเป็นขั้วของตัวทำละลายอินทรีย์ตามปริมาณหรือสัดส่วนของน้ำที่เป็นส่วนผสม ดังนั้นสารละลายเอทานอลและเมทานอลที่ความเข้มข้นต่ำ จึงมีสภาพขั้วที่มากกว่าที่ระดับความเข้มข้นสูงกว่า เนื่องจากมีการผสมน้ำในปริมาณที่มากกว่านั่นเอง จากสภาพ

ความมีขั้วที่แตกต่างกันส่งผลให้ตัวทำละลายมีประสิทธิภาพการสกัด phenolic compounds, flavonoids และ proanthocyanidins ออกมาจากเนื้อเยื่อพืชได้ในปริมาณที่แตกต่างกัน สาร phenolic compounds และ proanthocyanidins ในเปลือกหุ้มเมล็ดมะขามเป็นกลุ่มสารที่มีสภาพขั้วปานกลางถึงค่อนข้างสูง จึงสามารถถูกสกัดออกมาได้ดีมากขึ้นเมื่อใช้ตัวทำลายเมทานอลและเอทานอลที่มีความเข้มข้นสูงขึ้นตามลำดับ หรืออาจกล่าวได้ว่าสาร phenolic compounds และ proanthocyanidins ถูกสกัดออกมาได้มากขึ้นเมื่อมีการผสมน้ำในเอทานอลหรือเมทานอลน้อยลง และถูกสกัดออกมาได้น้อยที่สุดเมื่อใช้น้ำซึ่งเป็นสารที่มีสภาพขั้วสูงเป็นตัวทำละลาย ตรงข้ามกับสารในกลุ่ม flavonoids ที่ถูกสกัดจากเปลือกหุ้มเมล็ดมะขามมากที่สุดด้วยตัวทำละลายที่มีขั้วสูง เช่น น้ำ เอทานอลและเมทานอลความเข้มข้นร้อยละ 25 รายงานของ Yilmaz and Toledo (2006) และ Jayaprakasha และคณะ (2001) ระบุว่าเอทานอลและเมทานอลเข้มข้นร้อยละ 100 ไม่เหมาะสมในการสกัดสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพกลุ่มสารประกอบฟีนอลจากเมล็ดองุ่น การผสมกับน้ำในตัวทำละลายอินทรีย์ช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการสกัดสารประกอบฟีนอลได้มากขึ้น โดยการผสมน้ำในเอทานอลในช่วงร้อยละ 30 – 50 หรือการผสมน้ำในเมทานอลในปริมาณร้อยละ 30 และ 40 ช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการสกัดสารประกอบฟีนอลจากเมล็ดองุ่นมากกว่าที่ระดับความเข้มข้นอื่น

1.1.2 ฤทธิ์ต้านออกซิเดชัน DPPH radical-scavenging activity

DPPH radical-scavenging activity เป็นการวัดความสามารถของสารต้านอนุมูลอิสระ (antioxidant - activity) โดยอาศัยการจับกับอนุมูลอิสระ 2,2- diphenyl-1- picrylhdrazyl (DPPH) ซึ่งเป็นอนุมูลอิสระที่เสถียร และสามารถรับอิเล็กตรอนได้อีก เมื่อได้รับอิเล็กตรอนจากสารต้านอนุมูลอิสระจะเปลี่ยนอนุมูลอิสระ DPPH• ซึ่งมีสีม่วงไปเป็นสาร DPPH-H ที่มีสีเหลืองอ่อน (Yamasaki et al., 1994) แสดงค่า DPPH radical scavenging activity ของสารสกัดเปลือกหุ้มเมล็ดมะขามในหน่วยปริมาณสมมูลกับสาร butylated hydroxytoluene (BHT) ซึ่งเป็นสารต้านอนุมูลอิสระสังเคราะห์ในตารางที่ 4.2

ตารางที่ 4.2 ค่า DPPH radical scavenging activity ของเปลือกหุ้มเมล็ดมะขามที่สกัดด้วยตัวทำละลายแตกต่างกัน

ตัวทำละลาย	DPPH radical scavenging activity (mg BHT/g TSC)
น้ำ	779.89 ± 12.70e
เอทานอลเข้มข้นร้อยละ 25	1500.71 ± 49.56b
เอทานอลเข้มข้นร้อยละ 50	1503.15 ± 25.03b
เอทานอลเข้มข้นร้อยละ 75	1685.60 ± 68.00a
เมทานอลเข้มข้นร้อยละ 25	1227.82 ± 56.44d
เมทานอลเข้มข้นร้อยละ 50	1302.64 ± 52.65d
เมทานอลเข้มข้นร้อยละ 75	1331.82 ± 33.31c

ข้อมูลเป็นค่าเฉลี่ย ± ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (n = 3) และตัวอักษรแตกต่างกันในแนวสดมภ์มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

สารสกัดเปลือกหุ้มเมล็ดมะขามมีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ DPPH อยู่ในช่วง 779.89 – 1685.60 mg BHT/g TSC โดยสารสกัดเอทานอลเข้มข้นร้อยละ 75 มีค่า DPPH radical scavenger สูงกว่าสารสกัดอื่นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) และสารสกัดจากน้ำมีค่า DPPH radical scavenger ต่ำที่สุด และพบว่าสารสกัดจากเอทานอลมีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ DPPH สูงกว่าสารสกัดจากเมทานอลเมื่อเปรียบเทียบที่ระดับความเข้มข้นเดียวกัน

การแสดงฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ DPPH ของสารสกัดเปลือกหุ้มเมล็ดมะขามเกิดจากความการแทนที่หมู่ hydroxyl groups ในโครงสร้าง aromatic ring ของสารต้านอนุมูลอิสระ phenolic compounds, flavonoids และ proanthocyanidins ที่ตรวจพบในสารสกัดเปลือกหุ้มเมล็ดมะขาม ซึ่งแสดงถึงความสามารถในการให้ไฮโดรเจนอะตอมของสารต้านอนุมูลอิสระ (Brand-Williams et al., 1995) นอกจากนี้อาจเกิดจากการเสริมฤทธิ์ของสารที่ได้จากปฏิกิริยา Maillard reaction ซึ่งเกิดขึ้นในขั้นตอนการอบเมล็ดมะขามก่อนการกะเทาะเปลือกด้วย โดยมีรายงานก่อนหน้านี้ที่ระบุว่าสาร melanoidins ซึ่งเป็นสารผลิตภัณฑ์ที่ได้จากปฏิกิริยา Maillard reaction ของกาแฟคั่วแสดงฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระได้เช่นกัน (Delgado-Andrade and Morales, 2005)

มีรายงานวิจัยที่ระบุว่าสาร proanthocyanidins แสดงฤทธิ์ของการยับยั้งอนุมูลอิสระได้ดี และมีความสอดคล้องกันระหว่างปริมาณของสาร proanthocyanidins และค่า DPPH radical scavenger ดังเช่นรายงานของ Siddhuraju และคณะ (2007) ระบุว่าในตัวอย่างสารสกัดเปลือกหุ้ม

มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม

เมล็ดมะขามที่มีสารแทนนิน หรือ proanthocyanidins สูง จะแสดงค่าฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ DPPH สูงด้วย ผลการศึกษานี้ขัดแย้งกับงานวิจัยของ Nakchat และคณะ (2014a) ที่พบว่า สารสกัดเปลือกหุ้มเมล็ดมะขามจากน้ำร้อนมีค่า DPPH radical scavenging activity สูงกว่าสารสกัดจากเอทานอล ทั้งนี้อาจเป็นผลจากชนิดและปริมาณของสารต้านอนุมูลอิสระที่ถูกสกัดออกมาด้วยตัวทำละลายที่ต่างชนิดกัน โดยสารประกอบฟีนอลที่มีสภาพขั้วสูงจะถูกสกัดหรือละลายออกมาได้ดีในน้ำซึ่งมีสภาพขั้วสูงเช่นเดียวกัน ขณะที่งานวิจัยนี้สารประกอบฟีนอลที่ถูกสกัดด้วยตัวทำละลายเอทานอลและเมทานอลส่วนใหญ่มีขั้วปานกลาง

งานวิจัยนี้ได้คัดเลือกสารละลายเอทานอลความเข้มข้นร้อยละ 75 เป็นตัวทำละลายที่เหมาะสมในการสกัดสารต้านอนุมูลอิสระจากเปลือกหุ้มเมล็ดมะขามในการทดลองขั้นตอนต่อไป เนื่องจากสามารถสกัดสารต้านอนุมูลอิสระ phenolic compounds และ proanthocyanidins ได้ในปริมาณสูง และด้วยเหตุผลด้านความเป็นพิษของตัวทำละลายซึ่งเอทานอลมีความเป็นพิษต่ำกว่าเมทานอลและเหตุผลด้านราคาของตัวทำละลายซึ่งเอทานอลมีราคาถูกกว่าเมทานอล โดยเอทานอล 15.5 กิโลกรัม (หรือ 20 ลิตร) ราคา 1,350 บาท คิดเป็น 67.50 บาท/ลิตร ขณะที่เมทานอลปริมาณ 2.5 ลิตร ราคา 315 บาท คิดเป็น 126 บาท/ลิตร

1.2 ผลการศึกษาสภาวะการสกัดสารออกฤทธิ์ทางเวชสำอางในเปลือกหุ้มเมล็ดมะขาม

1.2.1 ปริมาณของสารสกัด (yield)

สารสกัดเปลือกหุ้มเมล็ดมะขามที่สกัดได้จากเอทานอลความเข้มข้นร้อยละ 75 และผ่านการระเหยเอาตัวทำละลายออกด้วยเครื่อง evaporator มีลักษณะเป็นผงแห้งสีน้ำตาลแดงดังแสดงในภาพที่ 4.1

ภาพที่ 4.1 สารสกัดเปลือกหุ้มเมล็ดมะขามที่สกัดได้จากงานวิจัยนี้

มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม

ปริมาณของสารสกัดเปลือกหุ้มเมล็ดมะขามที่ได้จากการสกัดด้วยวิธีอัลตราโซนิก (ultrasonic-assisted extraction) ด้วยเวลาที่แตกต่างกัน เปรียบเทียบกับการสกัดด้วยวิธี stirring และ maceration extraction แสดงในตารางที่ 4.3

ตารางที่ 4.3 ปริมาณของสารสกัด (yield) เปลือกหุ้มเมล็ดมะขามที่ได้จากการสกัดด้วยวิธีแตกต่างกัน

Extraction method	Extraction yield (ร้อยละ)
Ultrasonic 10 min	36.74 ± 1.39c
Ultrasonic 20 min	39.49 ± 4.29bc
Ultrasonic 30 min	40.06 ± 2.23bc
Stirring นาน 24 h	51.14 ± 3.92a
Maceration นาน 48 h	45.62 ± 3.11ab

ข้อมูลเป็นค่าเฉลี่ย ± ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (n = 3) และตัวอักษรแตกต่างกันในแนวสดมภ์มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

การสกัดด้วยวิธี ultrasonic-assisted extraction, stirring extraction และ maceration ทำให้ได้ร้อยละของผลผลิต (%yield) คิดเป็นร้อยละ 36.74-51.14 ซึ่งเป็นปริมาณที่สูงกว่ารายงานของ Siddhuraju (2007) สกัดเปลือกหุ้มเมล็ดมะขามของอินเดียที่สกัดด้วยเมทานอลเข้มข้นร้อยละ 70 (yield = ร้อยละ 27.21) และสกัดด้วยอะซีโตน (yield = ร้อยละ 13.10) การสกัดด้วยวิธี stirring extraction นาน 24 ชั่วโมง ได้ปริมาณสารสกัดมากที่สุดแต่ไม่แตกต่างทางสถิติกับการสกัดด้วยวิธี maceration method นาน 48 ชั่วโมง ($P > 0.05$) เวลาในการสกัดเปลือกหุ้มเมล็ดมะขามด้วยวิธี ultrasonic-assisted extraction มีผลต่อปริมาณสารสกัดที่ได้ โดยเวลาการสกัดที่มากขึ้นทำให้ได้ปริมาณของสารสกัดมีแนวโน้มที่เพิ่มมากขึ้น

ผลการทดลองนี้ชี้ให้เห็นว่าเวลาและวิธีการสกัดมีผลต่อปริมาณของสารที่สกัดได้ โดยการสกัดด้วยวิธี stirring extraction ใช้เวลาในการสกัด 24 ชั่วโมง ขณะที่ maceration method ใช้เวลาในการสกัด 48 ชั่วโมง ซึ่งทั้ง 2 วิธีนี้ใช้เวลาในการสกัดมากกว่า ultrasonic-assisted extraction ค่อนข้างมาก ทำให้มีเวลามากพอที่ตัวทำละลายจะชะเอาสารสำคัญในเนื้อเยื่อของเปลือกหุ้มเมล็ดมะขามออกมาได้มากกว่าการสกัดด้วยวิธี ultrasonic-assisted extraction อย่างไรก็ตามวิธีการสกัดแบบ ultrasonic-assisted extraction ช่วยลดระยะเวลาในการสกัดได้มากที่สุด คือจากลดจากเวลาในการสกัด 24-48 ชั่วโมง ในการสกัดด้วยวิธี stirring หรือ maceration method ให้เหลือเพียง 30 นาที ซึ่งทำให้ได้ปริมาณสารสกัดคิดเป็นร้อยละ 78-88 ของปริมาณสารสกัดที่ได้จากวิธี stirring หรือ

มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม

maceration method และการสกัดด้วยวิธี ultrasonic-assisted extraction นาน 30 นาที ทำให้ได้ปริมาณของสารสกัดไม่แตกต่างกับการสกัดด้วยวิธี maceration นาน 48 ชั่วโมง ($P > 0.05$)

วิธีการสกัดด้วยวิธี maceration อาศัยหลักการแพร่ของตัวทำละลายเข้าไปในเนื้อเยื่อของเปลือกหุ้มเมล็ดมะขามเพื่อละลายสารสำคัญและชะสารแพร่ออกจากเนื้อเยื่อพืชออกมาอยู่ในตัวทำละลาย ซึ่งเมื่อผ่านไประยะหนึ่งจะเกิดการสมดุลของสารสำคัญที่อยู่ในเนื้อเยื่อพืชและตัวทำละลาย ทำให้อัตราการแพร่ของสารสำคัญเกิดขึ้นช้าลง ขณะที่วิธี stirring extraction ใช้หลักการสกัดคล้ายกับวิธี maceration แต่วิธีนี้ใช้แรงกลจากการกวนมาช่วยทำให้เกิดการเคลื่อนไหวของตัวทำละลายและสารสำคัญที่ถูกสกัดออกมาจึงไม่เกิดความสมดุลของสารสำคัญเหมือนกับที่เกิดกับการสกัดด้วยวิธี maceration จึงช่วยเพิ่มอัตราเร็วของการสกัดได้มากกว่า ขณะที่วิธี ultrasonic-assisted extraction เป็นการใช้คลื่นความถี่สูงเข้ามาในการสกัด โดยคลื่นอัลตราซาวน์ทำให้เกิดการสั่นสะเทือนของของเหลวหรือตัวทำละลายเกิดฟองอากาศขนาดเล็กที่สามารถแตกตัวได้อย่างรวดเร็ว (cavitation bubbles) ก่อให้เกิดแรงดันสูงที่เข้าไปทำลายผนังเซลล์ของเนื้อเยื่อพืชส่งผลให้ตัวทำละลายสามารถแทรกซึมเข้าสู่เนื้อเยื่อพืชได้อย่างรวดเร็วและเพิ่มพื้นที่สัมผัสระหว่างตัวทำละลายกับสารสำคัญและเกิดแรงเฉือนสูง ทำให้สารสำคัญถูกชะหรือเกิดการถ่ายเทมวลสารออกจากเซลล์ของเนื้อเยื่อพืชละลายออกมากับตัวทำละลายได้มากขึ้น (Vilkhu et al., 2008) ดังนั้นการสกัดด้วยวิธี ultrasonic-assisted extraction จึงช่วยเพิ่มปริมาณสารสกัด เพิ่มอัตราการสกัดให้เร็วขึ้นโดยลดเวลาในการสกัดให้สั้นลง

1.2.2 ปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระในสารสกัดเปลือกหุ้มเมล็ดมะขาม

ปริมาณของสารต้านอนุมูลอิสระ คือ phenolic compounds, flavonoids และ proanthocyanindins ในสารสกัดเปลือกหุ้มเมล็ด (crude extract) แสดงในตารางที่ 4.4

ตารางที่ 4.4 ปริมาณสาร phenolic compounds, flavonoids และ proanthocyanidins ในสารสกัดเปลือกหุ้มเมล็ดมะขามที่ได้จากการสกัดด้วยวิธีแตกต่างกัน

Extraction method	Phenolics (g GAE/g extract)	Flavonoids (g CE/g extract)	Proanthocyanidins (g CE/g extract)
Ultrasonic 10 min	964.19 ± 38.66bc	553.17 ± 25.17bc	5,196.22 ± 287.62c
Ultrasonic 20 min	984.10 ± 63.23bc	494.83 ± 141.45bc	5,231.11 ± 308.86c
Ultrasonic 30 min	1187.05 ± 195.25a	679.83 ± 82.51ab	5,351.78 ± 300.02ab
Stirring 24 h	858.16 ± 85.98c	501.50 ± 26.46c	5,454.00 ± 270.64ab
Maceration 48 h	1129.27 ± 79.03ab	761.50 ± 14.14a	5,911.78 ± 452.61a

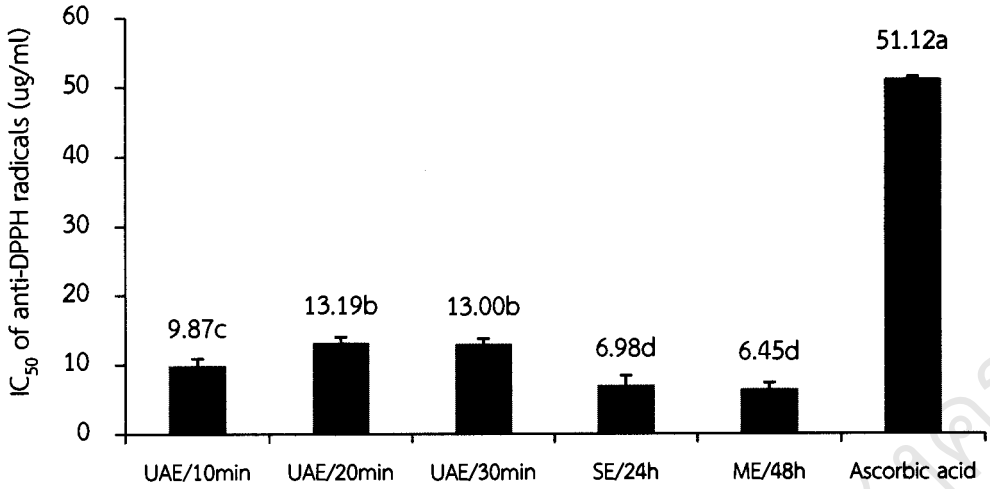
ข้อมูลเป็นค่าเฉลี่ย ± ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (n = 3) และตัวอักษรแตกต่างกันในแนวสดมภ์มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

สารสกัดเปลือกหุ้มเมล็ดมะขามส่วนใหญ่เป็นสาร proanthocyanindins โดยพบอยู่ในช่วง 5.20-5.91 g CE/g extract คิดเป็นสัดส่วนร้อยละ 74-80 ของปริมาณสารต้านออกซิเดชันที่ตรวจพบทั้งหมด นอกจากนี้ยังพบสาร phenolic compounds อยู่ในช่วง 858.16-1187.05 g GAE/g extract และ flavonoids อยู่ในช่วง 0.50-0.68 g CE/g extract การสกัดด้วยวิธี maceration นาน 48 ชั่วโมง สามารถสกัดสาร phenolic compounds, flavonoids และ proanthocyanidins ได้มากที่สุด และไม่มีความแตกต่างทางสถิติกับการสกัดด้วยวิธี ultrasonic-assisted extraction นาน 30 นาที ($P > 0.05$) แสดงให้เห็นว่าการสกัดด้วยวิธี ultrasonic-assisted extraction มีประสิทธิภาพในการช่วยชะสารต้านออกซิเดชันออกจากเปลือกหุ้มเมล็ดมะขามได้อย่างรวดเร็ว โดยวิธีนี้ช่วยลดเวลาในการสกัดจาก 48 ชั่วโมง เหลือเพียง 30 นาทีเท่านั้น

งานวิจัยนี้ตรวจพบสาร total phenolic compounds ในสารสกัดเปลือกหุ้มเมล็ดมะขามมากกว่าที่มีรายงานการตรวจพบในสารสกัดเปลือกหุ้มเมล็ดมะขามเปรี้ยวยักษ์ ซึ่ง Nakchart et al. (2014a) ระบุว่าพบสาร phenolic compounds ปริมาณ 89.21 และ 52.17 g GAE/100 g dry extract หรือ 890 และ 520 mg GAE/g dry extract ในสารสกัดเปลือกหุ้มเมล็ดมะขามที่ได้จากการสกัดด้วยวิธีต้มในน้ำเดือด และ stirring extraction นาน 4 ชั่วโมง ในสารละลายเอทานอลเข้มข้นร้อยละ 70 และมีปริมาณสูงกว่าที่ Siddhuraju และคณะ (2007) รายงานการพบสาร phenolic compounds ในสารสกัดเปลือกหุ้มเมล็ดมะขามที่สกัดด้วยตัวทำละลายเมทานอลและเอทานอลเข้มข้นร้อยละ 70 โดยใช้วิธี stirring นาน 48 ชั่วโมง คือ 23.85-32.96 g/100 g DM (งานวิจัยนี้ตรวจพบ phenolic compounds ในปริมาณ 35.42-51.52 g/100 g DM) ทั้งนี้อาจเป็นผลจากวิธีการสกัด ชนิดของตัวทำละลาย จำนวนครั้งของการสกัดซ้ำและสายพันธุ์ของมะขามที่แตกต่างกัน

1.2.3 ค่าการยับยั้งอนุมูลอิสระ DPPH ของสารสกัดเปลือกหุ้มเมล็ดมะขาม

ค่าการต้านอนุมูลอิสระของสารสกัดเปลือกหุ้มเมล็ดมะขามวัดด้วยวิธี DPPH radical scavenging activity แสดงผลในหน่วย half inhibition concentration (IC_{50}) ของค่า DPPH radical scavenging activity แสดงในภาพที่ 4.2



ภาพที่ 4.2 ค่า DPPH radical scavenging activity ของสารสกัดเปลือกหุ้มเมล็ดมะขาม: UAE, ultrasonic-assisted extraction; SE, stirring extraction; ME, maceration extraction; ข้อมูลเป็นค่าเฉลี่ยจากการทดลอง 3 ซ้ำ (n = 3) และตัวอักษรภาษาอังกฤษที่กำหนดค่าของข้อมูลแสดงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$)

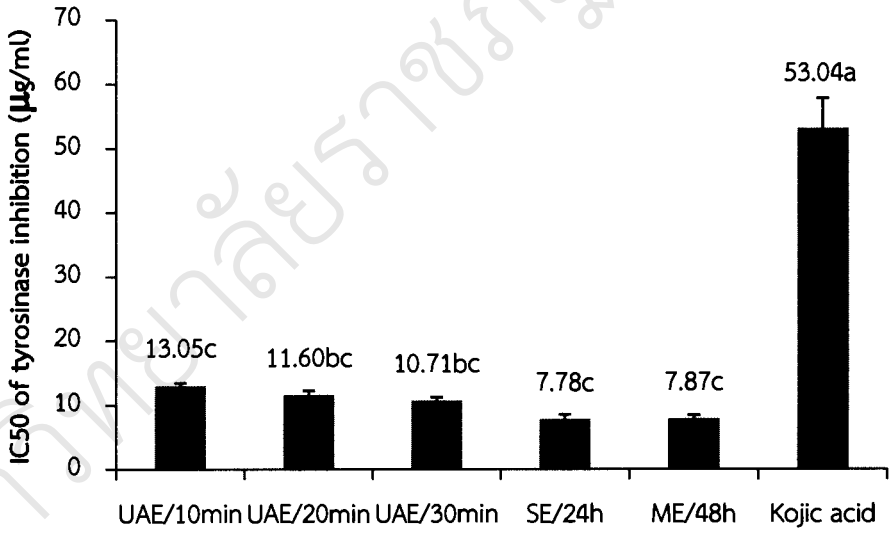
ค่า half inhibition concentration (IC_{50}) เป็นค่าที่แสดงถึง ความเข้มข้นของสารสกัดที่สามารถยับยั้งอนุมูลอิสระ DPPH ได้ร้อยละ 50 ดังนั้นสารสกัดที่มีค่า IC_{50} ที่ต่ำกว่าจึงแสดงถึงประสิทธิภาพการยับยั้งอนุมูลอิสระที่สูงกว่า จากภาพที่ 4.1 จะเห็นว่าสารสกัดเปลือกหุ้มเมล็ดมะขามจากการสกัดด้วยวิธี maceration และ stirring มีฤทธิ์การกำจัดอนุมูลอิสระได้ดีที่สุด โดยมีค่า IC_{50} เป็น 6.45 และ 6.98 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร ตามลำดับ ซึ่งเป็นค่าที่มีประสิทธิภาพการกำจัดอนุมูลอิสระที่ดีกว่าสารสกัดที่ได้จากการสกัดด้วยวิธี ultrasonic-assisted extraction ประมาณ 2 เท่า (IC_{50} 9.87 – 13.19 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร) และพบว่า สารสกัดเปลือกหุ้มเมล็ดมะขามที่สกัดได้จากทั้ง 3 วิธีมีประสิทธิภาพการกำจัดอนุมูลอิสระได้ดีกว่า ascorbic acid หรือวิตามินซีซึ่งเป็นสารที่มีสรรพคุณทางเวชสำอางและนิยมเติมในเครื่องสำอางมากถึง 4-8 เท่า สอดคล้องกับรายงานของ Phetdee และคณะ (2014) ที่พบว่าสารสกัดเปลือกหุ้มเมล็ดมะขามมีฤทธิ์การยับยั้งอนุมูลอิสระ DPPH สูงกว่า L-ascorbic acid โดยมีค่า IC_{50} เป็น 12.9 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร และงานวิจัยนี้ยังได้ระบุว่าสารสกัดเปลือกหุ้มเมล็ดมะขามมีฤทธิ์การยับยั้งอนุมูลอิสระ DPPH สูงกว่า α-tocopherol อีกด้วย

สารต้านออกซิเดชัน คือ phenolic compounds, flavonoids และ proanthocyanidinds ที่มีในสารสกัดเปลือกหุ้มเมล็ดมะขาม ส่งผลต่อฤทธิ์การกำจัดอนุมูลอิสระ DPPH นี้ (Siddhuraju, 2007; Nakchat et al., 2014b; Suksomtip et al., 2010) นอกจากนี้ในสารสกัดเปลือกหุ้มเมล็ด

มะขามยังมีสารต้านอนุมูลอิสระของสารในกลุ่ม monomeric flavanols คือ (+)-catechin, epicatechin, procyanidin B2, procyanidin trimer, procyanidin tetramer, procyanidin pentamer, procyanidin hexamer, taxifolin, apigenin, eriodictyol, luteolin และ naringenin (Sudjaroen et al., 2005; Nakchat et al., 2014a)

1.2.3 ฤทธิ์ tyrosinase inhibition activity ของสารสกัดเปลือกหุ้มเมล็ดมะขาม

ฤทธิ์ tyrosinase inhibition activity เป็นการวัดความสามารถในการยับยั้งกระบวนการสร้างเม็ดสีผิวเมลานิน (melanin) ของเอนไซม์ไทโรซิเนส (tyrosinase) ซึ่งเป็นสาเหตุที่ทำให้กระและจุดด่างดำบริเวณผิว ดังนั้นสารที่แสดงฤทธิ์การยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ tyrosinase ได้ดีจะช่วยยับยั้งการสร้างเม็ดสีผิวและทำให้หน้ากระจ่างใสได้ แสดงค่า half inhibition concentration (IC_{50}) ของค่า tyrosinase inhibition activity ในสารสกัดเปลือกหุ้มเมล็ดมะขามเปรียบเทียบกับ kojic acid ซึ่งเป็นสารมาตรฐานที่มีสรรพคุณในการยับยั้งการสร้างเม็ดสีผิว ลดกระ จุดด่างดำ ที่นิยมเติมในผลิตภัณฑ์เครื่องสำอางกลุ่ม whitening ในภาพที่ 4.3



ภาพที่ 4.3 ค่า tyrosinase inhibition activity (IC_{50}) ของสารสกัดเปลือกหุ้มเมล็ดมะขาม: UAE, ultrasonic-assisted extraction; SE, stirring extraction; ME, maceration extraction; ข้อมูลเป็นค่าเฉลี่ยจากการทดลอง 3 ซ้ำ (n = 3) และตัวอักษรภาษาอังกฤษที่กำหนดค่าของข้อมูลแสดงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$)

สารสกัดเปลือกหุ้มเมล็ดมะขามจากการสกัดด้วยวิธี maceration, stirring และ ultrasonic-assisted extraction มีฤทธิ์ยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ไทโรซิเนสไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($P > 0.05$) โดยสารสกัดจากการสกัดด้วยวิธี stirring มีค่า IC_{50} ต่ำที่สุด คือ 7.78 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร รองมาคือสารสกัดจากการสกัดด้วยวิธี maceration และ ultrasonic-assisted extraction ตามลำดับ เวลาในการสกัดภายใต้สภาวะอัลตราโซนิกที่นานขึ้นทำให้ได้สารสกัดที่มีฤทธิ์ tyrosinase inhibition activity ที่ดีมากขึ้น และเมื่อเปรียบเทียบกับสารมาตรฐาน kojic acid พบว่าสารสกัดเปลือกหุ้มเมล็ดมะขามมีฤทธิ์ในการยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ไทโรซิเนสได้สูงกว่า kojic acid คิดเป็น 4-7 เท่า

ดังนั้นงานวิจัยนี้ชี้ให้เห็นว่าสารสกัดเปลือกหุ้มเมล็ดมีศักยภาพสูงในการนำไปประยุกต์ใช้เป็นสารออกฤทธิ์ทางเวชสำอางในด้านการยับยั้งการเสื่อมสภาพของผิว (anti-skin aging) ลดกระจุดด่างดำ และทำให้ผิวขาวใส โดยรายงานของ Phetdee และคณะ (2012) ระบุว่าสารสกัดเปลือกหุ้มเมล็ดมะขามมีค่า IC_{50} ของ tyrosinase inhibition activity 152 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร สามารถยับยั้งกระบวนการสังเคราะห์เม็ดสีผิวเมลานิน (melanogenesis) ในเซลล์เมลาโนมา (melanoma cell) และ Nakchat และคณะ (2014b) พบว่า สารสกัดเปลือกหุ้มเมล็ดมะขามเปรี้ยวยักษ์มีฤทธิ์ในการปกป้องเซลล์ผิวไฟโบรบลาสต์ (human skin fibroblast cell) จากสภาวะเครียดออกซิเดชันด้วยกลไกการต้านออกซิเดชัน คือ กำจัดสารในกลุ่ม reactive oxygen species และเพิ่มการสร้างเอนไซม์ที่ทำหน้าที่การต้านออกซิเดชัน คือ superoxide dismutase และ catalase นอกจากนี้รายงานของ Phetdee และคณะ (2014) ยังระบุว่า สารสกัดเปลือกหุ้มเมล็ดมะขามมีฤทธิ์ในการปกป้องเซลล์ผิวไฟโบรบลาสต์จากการทำลายของรังสียูวีเอ (UV-A) ด้วยกลไกการกำจัดอนุมูลอิสระที่เกิดขึ้นจากการกระตุ้นของรังสียูวีเอที่ผิวหนัง

ผลการศึกษาในครั้งนี้แสดงให้เห็นว่าเปลือกหุ้มเมล็ดมะขามเป็นแหล่งของสารต้านอนุมูลอิสระกลุ่ม phenolic compounds, flavonoids และ proanthocyanidins และมีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระและฤทธิ์ tyrosinase inhibition activity สูงเมื่อเปรียบเทียบกับสารต้านอนุมูลอิสระมาตรฐาน (ascorbic acid และ kojic acid) งานวิจัยนี้พบว่าชนิดของตัวทำละลายและวิธีการสกัดมีผลต่อปริมาณสารต้านออกซิเดชันและฤทธิ์ทางชีวภาพของสารสกัด โดยวิธีการสกัดที่เหมาะสม คือ การใช้ตัวทำละลายเอทานอลความเข้มข้นร้อยละ 75 สกัดด้วยวิธี maceration นาน 48 ชั่วโมง หรืออาจใช้วิธี ultrasonic-assisted extraction นาน 30 นาที เพื่อลดเวลาในการสกัดให้สั้นลง แต่มีความจำเป็นต้องมีการลงทุนด้านเครื่องมืออัลตราโซนิก ในงานวิจัยนี้ได้เลือกใช้สารสกัดเปลือกหุ้มเมล็ดมะขามจากการสกัดด้วยวิธี ultrasonic-assisted extraction นาน 30 นาที ไปประยุกต์ใช้ในผลิตภัณฑ์โลชันในการทดลองตอนต่อไปเนื่องจากประหยัดเวลาในการศึกษาวิจัย

สารสกัดเปลือกหุ้มเมล็ดมะขามมีสมบัติการต้านออกซิเดชันในปริมาณสูง สามารถต้านความเสียหายของพลาสมิดดีเอ็นเอที่เกิดจากอนุมูลอิสระ ซึ่งเกิดจากการกระตุ้นให้เกิดปฏิกิริยาเฟนตอน (fenton reaction) จากการทำปฏิกิริยาระหว่างไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ (hydrogen peroxide) และเหล็กเฟอรัส (ferrous iron) ได้เป็นเหล็กเฟอริก (ferric iron) ไฮดรอกซิลไอออน (hydroxyl ion) และไฮดรอกซิลเรดิเคิล (hydroxyl radical) (Fook et al., 2005) นอกจากนี้สารสกัดจากเปลือกหุ้มเมล็ดมะขามยังนำมาประยุกต์ใช้ในอุตสาหกรรมอาหารและเครื่องสำอาง โดยภัคสิริและไมตรี (2554) ทำการวิจัยฤทธิ์ทางชีวภาพของสารสกัดจากเปลือกหุ้มเมล็ดมะขาม พบว่า สารสกัดมีฤทธิ์ยับยั้งการสร้างเม็ดสีเมลานิน ซึ่งเป็นสาเหตุที่ทำให้ผิวเกิดความหมองคล้ำ ดังนั้นจึงนำสารสกัดเปลือกหุ้มเมล็ดมะขามมาประยุกต์ใช้เป็นส่วนผสมในผลิตภัณฑ์เครื่องสำอางเพื่อบำรุงผิวพรรณ และรายงานของนันทิดา และคณะ (2555) ทำการสกัดสารจากเปลือกหุ้มเมล็ดมะขาม และตรวจวิเคราะห์ทางเคมี พบว่า สารสกัดมีสารต้านอนุมูลอิสระสูงเทียบเท่าสารสกัดจากผลิตภัณฑ์เสริมอาหารจากต่างประเทศ จึงได้นำสารสกัดเปลือกหุ้มเมล็ดมะขามมาพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์เสริมอาหารต้านอนุมูลอิสระชนิดอัดเม็ด สำหรับสารสกัดเปลือกหุ้มเมล็ดมะขามที่ได้จากงานวิจัยนี้จะนำไปประยุกต์ใช้เป็นส่วนผสมของโลชันบำรุงผิวขาวสูตรนาโนในขั้นตอนการทดลองต่อไป

ตอนที่ 2 การพัฒนาตำรับโลชันบำรุงผิวขาวสูตรนาโนอิมัลชันจากสารสกัดเปลือกหุ้มเมล็ดมะขาม

2.1 การพัฒนาสูตรตำรับโดยการศึกษาปริมาณสารสกัดเปลือกหุ้มเมล็ดมะขามในสูตรตำรับโลชันบำรุงผิวขาวสูตรนาโนอิมัลชัน

2.1.1 คุณภาพทางเคมีและกายภาพของโลชันบำรุงผิวขาวสูตรนาโนอิมัลชันสารสกัดเปลือกหุ้มเมล็ดมะขาม

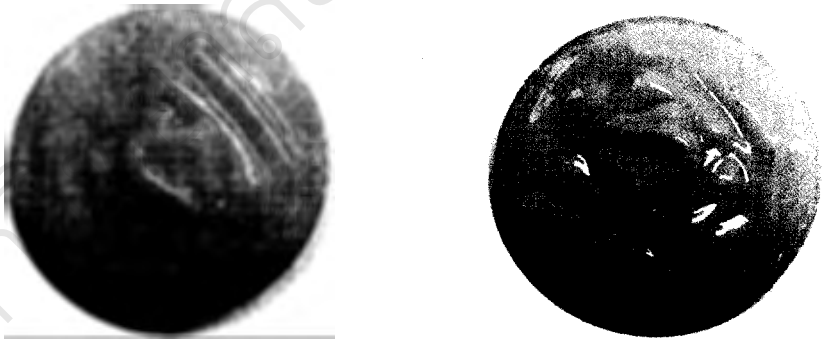
การศึกษาสูตรตำรับโลชันบำรุงผิวขาวสูตรนาโนอิมัลชันจากสารสกัดเปลือกหุ้มเมล็ดมะขามที่เหมาะสมในเบื้องต้นได้ศึกษาหาปริมาณที่เหมาะสมของสารสกัดเปลือกหุ้มเมล็ดมะขามที่ได้จากการสกัดโดยวิธี ultrasonic-assisted extraction นาน 30 นาที ในสูตรตำรับ โดยผันแปร 3 ระดับ คือ ร้อยละ 0.05 0.1 และ 0.25 และสังเกตผลึกของสารสกัดเปลือกหุ้มเมล็ดมะขามภายใต้กล้องจุลทรรศน์ที่กำลังขยาย 200 เท่า เพื่อทำการประเมินคัดเลือกปริมาณของสารสกัดที่เหมาะสม ผลการทดลองพบว่าการเพิ่มปริมาณสารสกัดในตำรับมากขึ้นมีผลทำให้เกิดผลึกของสารสกัดเปลือกหุ้มเมล็ดมะขามเพิ่มมากขึ้นด้วย โดยพบว่าตำรับที่มีปริมาณสารสกัดร้อยละ 0.25 มีผลึกเกิดขึ้นชัดเจน ขณะที่สูตรตำรับที่เติมสารสกัดร้อยละ 0.05 และ 0.1 ไม่พบผลึกของสารสกัด (ภาพที่ 4.4) ทั้งนี้อาจเป็นเพราะเมื่อใส่สารสกัดเข้าไปในตำรับในปริมาณที่สูงทำให้ค่าการละลายของสารสกัดลดลงจึงเกิด

การรวมตัวกันของสารสกัดกลายเป็นผลึกเกิดขึ้น ดังนั้นผู้วิจัยจึงเลือกสูตรตำรับที่เติมสารสกัดในปริมาณร้อยละ 0.05 และ 0.1 ไปใช้ในการพัฒนาสูตรและการศึกษาในตอนต่อไป

สารสกัดร้อยละ 0.05 สารสกัดร้อยละ 0.1 สารสกัดร้อยละ 0.25

ภาพที่ 4.4 การเกิดผลึกของสารสกัดเปลือกหุ้มเมล็ดมะขามในสูตรตำรับโลชันสูตรนาโนอิมัลชัน ภายใต้กล้องจุลทรรศน์กำลังขยาย 200 เท่า

โลชันบำรุงผิวขาวสูตรนาโนอิมัลชันที่เติมสารสกัดเปลือกหุ้มเมล็ดมะขามในปริมาณร้อยละ 0.05 และ 0.1 ที่พัฒนาได้มีลักษณะเป็นเนื้อเดียวกันสีน้ำตาลอมชมพูอ่อน และมีสีที่เข้มขึ้นเมื่อเพิ่มปริมาณของสารสกัดมากขึ้น (ภาพที่ 4.5) โดยค่าสีแดง (a*) และค่าสีเหลือง (b*) ของตำรับที่เติมสารสกัดร้อยละ 0.1 สูงกว่าตำรับที่เติมสารสกัดร้อยละ 0.05 ประมาณ 2 และ 3 เท่า ตามลำดับ (ตารางที่ 4.5)



โลชันที่เติมสารสกัดร้อยละ 0.05 โลชันที่เติมสารสกัดร้อยละ 0.1

ภาพที่ 4.5 โลชันบำรุงผิวขาวสูตรนาโนอิมัลชันที่เติมสารสกัดเปลือกหุ้มเมล็ดมะขามปริมาณร้อยละ 0.05 และ 0.1

มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์

ตารางที่ 4.5 ค่าสี L* a* b* ของโลชันสูตรนาโนอิมัลชันจากสารสกัดเปลือกหุ้มเมล็ดมะขาม เปรียบเทียบกับสูตรพื้นฐาน

สูตรตำรับ	ค่าสี L*	ค่าสี a*	ค่าสี b*
สารสกัดร้อยละ 0.05	21.75±0.12	1.47±0.06b	0.63±0.12b
สารสกัดร้อยละ 0.1	21.49±0.17	2.70±0.07a	1.83±0.19a

ข้อมูลเป็นค่าเฉลี่ย ± ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (n = 3) และตัวอักษรแตกต่างกันในแนวสดมภ์มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

ผลการทดลองวัดขนาดอนุภาคนาโนอิมัลชัน พบว่าตำรับที่มีสารสกัดปริมาณร้อยละ 0.05 มีค่าเท่ากับ 459.9 ± 16.0 นาโนเมตร ซึ่งไม่แตกต่างจากตำรับที่ไม่ใส่สารสกัด และเมื่อเพิ่มปริมาณสารสกัดเป็นร้อยละ 0.1 ขนาดอนุภาคจะใหญ่ขึ้น เท่ากับ 613.0 ± 7.4 นาโนเมตร (ตารางที่ 4.6) ซึ่งชี้ให้เห็นว่าการเติมสารสกัดที่มากขึ้นจะทำให้สารสกัดถูกกักเก็บไว้ภายในอนุภาคมากขึ้นจึงส่งผลให้ขนาดอนุภาคใหญ่ขึ้นด้วย นอกจากนี้ยังพบว่าค่าการกระจายตัวของอนุภาคอยู่ในช่วงแคบซึ่งอยู่ในช่วง 0.312-0.335 ส่วนค่า Surface charge หรือ zeta potential คือค่าความแตกต่างของประจุไฟฟ้าระหว่างชั้นความหนาแน่นของไอออนที่อยู่รอบๆ อนุภาคและประจุในของเหลวที่อยู่ล้อมรอบ ซึ่งเป็นค่าที่ใช้บอกแนวโน้มที่อนุภาคจะเกิดการเกาะตัวกัน โดยระบบอิมัลชันหรือระบบแขวนลอยจะมีความเสถียรและไม่เกิดการเกาะตัวกันของอนุภาค เมื่อค่า zeta potential มีค่า มากกว่า + 30 mV หรือน้อยกว่า -30 mV (Soheyla and Foruhe, 2013) จากผลการทดลองตำรับนาโนอิมัลชันที่เตรียมได้ทุกตำรับมีค่าประจุอยู่ในช่วง -33 ถึง -36 ซึ่งชี้ให้เห็นว่าค่าประจุอยู่ในช่วงที่เหมาะสมและระบบนาโนอิมัลชันมีแนวโน้มที่เสถียรและไม่เกิดการเกาะตัวกันของอนุภาคเมื่อเก็บไว้นานขึ้น สำหรับค่าความหนืดของโลชันทั้ง 2 สูตรตำรับ มีค่าอยู่ในช่วง 4,250-4,750 cP และค่า pH ประมาณ 6 (ตารางที่ 4.6)

ตารางที่ 4.6 ขนาดอนุภาคเฉลี่ย (Mean particle size) ดัชนีการกระจายขนาดอนุภาค (PI) ค่าประจุบนอนุภาค ความหนืดและpH ของโลชันบำรุงผิวขาวสูตรนาโนอิมัลชันจากสารสกัดเปลือกหุ้มเมล็ดมะขามที่ความเข้มข้นร้อยละ 0.05 และ 0.1 และสูตรพื้นฐาน (ไม่ใส่สารสกัด)

สูตรตำรับ	ลักษณะทางกายภาพ				
	Mean particle size (nm)	Polydispersity index^{ns}	Surface charge (mV)^{ns}	ความหนืด (cP)^{ns}	pH^{ns}
สูตรพื้นฐาน	470 ± 14b	0.31 ± 0.00	-36.00 ± 1.00	4,750 ± 64	6.07 ± 0.03
สารสกัดร้อยละ 0.05	460 ± 16b	0.33 ± 0.01	-36.00 ± 2.80	4,292 ± 375	6.05 ± 0.04
สารสกัดร้อยละ 0.1	613 ± 7a	0.34 ± 0.01	-33.00 ± 0.50	4,250 ± 229	6.08 ± 0.02

^{ns} แสดงความไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95และตัวอักษรแตกต่างกันในแนวสดมภ์มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม

2.1.2 คุณภาพการต้านออกซิเดชันของโลชันบำรุงผิวขาวสูตรนาโนอิมัลชันสารสกัดเปลือกหุ้มเมล็ดมะขาม

โลชันสูตรพื้นฐานและและสูตรตำรับที่เติมสารสกัดมีสารต้านอนุมูลอิสระกลุ่มสารประกอบฟีนอลและฟลาโวนอยด์เป็นองค์ประกอบอยู่ในช่วง 2.06-2.41 mg GAE/g lotion และ 0.24-0.82 mg CE/g lotion ตามลำดับ โดยสูตรตำรับที่มีส่วนผสมของสารสกัดเปลือกหุ้มเมล็ดมะขามมีสารต้านอนุมูลอิสระกลุ่มสารประกอบฟีนอลและฟลาโวนอยด์สูงกว่าโลชันสูตรพื้นฐาน (ไม่เติมสารสกัด) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) และพบสารต้านอนุมูลอิสระทั้ง 2 กลุ่มในสูตรตำรับที่เติมสารสกัดมากกว่า คือ สูตรตำรับที่เติมสารสกัดร้อยละ 0.1 มากที่สุด (ตารางที่ 4.7) บ่งชี้ว่าสารสกัดเปลือกหุ้มเมล็ดมะขามเป็นแหล่งสำคัญของสารต้านอนุมูลอิสระทั้ง 2 กลุ่มในสูตรตำรับ

ตารางที่ 4.7 ปริมาณสารประกอบฟีนอล ฟลาโวนอยด์และฤทธิ์ DPPH radical scavenging activity ของโลชันสูตรนาโนอิมัลชันจากสารสกัดเปลือกหุ้มเมล็ดมะขามเปรียบเทียบกับสูตรพื้นฐาน

สูตรตำรับ	Total phenolic compounds (mg GAE/g lotion)	Total flavonoids (mg CE/g lotion)	DPPH radical scavenging activity (mg BHT/g lotion)
สูตรพื้นฐาน	2.06 ± 0.06c	0.24 ± 0.04c	0.17 ± 0.03c
สารสกัดร้อยละ 0.05	2.19 ± 0.03b	0.50 ± 0.01b	0.66 ± 0.03b
สารสกัดร้อยละ 0.1	2.41 ± 0.00a	0.82 ± 0.04a	1.54 ± 0.03a

ข้อมูลเป็นค่าเฉลี่ย ± ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (n = 3) และตัวอักษรแตกต่างกันในแนวสดมภ์มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ DPPH ของโลชันผสมสารสกัดเปลือกหุ้มเมล็ดมะขามให้ผลสอดคล้องกับปริมาณของสารต้านอนุมูลอิสระทั้ง 2 กลุ่มที่ตรวจพบในสูตรตำรับ โดยสูตรตำรับที่เติมสารสกัดมีฤทธิ์ยับยั้งอนุมูลอิสระ DPPH สูงกว่าสูตรพื้นฐาน ประมาณ 4 - 9 เท่า และสูตรตำรับที่เติมสารสกัดร้อยละ 0.1 มีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ DPPH สูงกว่าสูตรตำรับที่มีสารสกัดร้อยละ 0.05 ประมาณ 2 เท่า ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ DPPH เป็นการวัดความสามารถการกำจัดหรือยับยั้งอนุมูลอิสระของสารต้านอนุมูลอิสระหรือสกัดจากพืช บ่งชี้ว่าสารสกัดมีความสามารถในการให้อิเล็กตรอนหรือไฮโดรเจนอะตอมกับอนุมูลอิสระ DPPH งานวิจัยนี้แสดงให้เห็นว่าโลชันที่มีส่วนผสมของสารสกัดเปลือกหุ้มเมล็ดมะขามมีความสามารถในการยับยั้งอนุมูลอิสระ ซึ่งจะถูกกระตุ้นให้เกิดขึ้นบริเวณผิวหนังเมื่อมีการสัมผัสกับรังสียูวีจากแสงแดดหรือมลภาวะและเป็นต้นเหตุสำคัญของการเสื่อมสภาพหรือการแก่ของผิวหนัง

2.2 ศึกษาความคงตัวของตำรับโลชันบำรุงผิวขาวสูตรนาโนอิมัลชันจากสารสกัดเปลือกหุ้มเมล็ดมะขาม

ได้นำสูตรตำรับที่เติมสารสกัดทั้ง 2 สูตรและสูตรพื้นฐานมาทดสอบความคงตัวของตำรับ ผลการศึกษาความคงตัวของโลชันบำรุงผิวขาวสูตรนาโนอิมัลชันจากสารสกัดเปลือกหุ้มเมล็ดมะขามที่สภาวะต่างๆ พบว่าเนื้อครีมมีลักษณะเนียนเป็นเนื้อเดียวกัน ไม่เกิดการแยกชั้น มีความข้นหนืดปานกลาง และเหนียวเหนอะหนะน้อย

2.2.1 ความคงตัวต่อสภาวะเร่ง heating-cooling cycles

1) ขนาด การกระจายตัวและค่าประจุของอนุภาค

ผลการศึกษาความคงตัวทางกายภาพโดยการวัดขนาด การกระจายตัวและค่าประจุของอนุภาคนาโนอิมัลชันของโลชันเมื่อเก็บในสภาวะเร่งด้วยวิธี heating-cooling cycle จำนวน 6 รอบ ด้วยเครื่อง Particle size analyzer พบว่า ขนาดอนุภาคทุกตำรับ มีขนาดใหญ่ขึ้น และการกระจายตัวของอนุภาคมีค่าลดลงเล็กน้อย ทั้งนี้อาจเป็นเพราะเกิดการรวมตัวของอนุภาคที่มีขนาดเล็กเกิดเป็นอนุภาคที่ใหญ่ขึ้น ซึ่งบ่งชี้ว่าอนุภาคนาโนของโลชันมีความคงตัวค่อนข้างต่ำ ดังนั้นจึงควรมีการศึกษาเพิ่มเติมในด้านการเติมสารก่ออิมัลชันให้มากขึ้น หรือเพิ่มชนิดของสารก่ออิมัลชันที่ช่วยป้องกันการรวมตัวของอนุภาคเข้าไปในตำรับ เพื่อไม่ให้อนุภาคเกิดการรวมตัวกันและมีความคงตัวมากขึ้น ในส่วนของค่าประจุบนอนุภาคพบว่ามีค่าไม่เปลี่ยนแปลงอยู่ในช่วง -33 ถึง -39 (ตารางที่ 4.8)

ตารางที่ 4.8 ขนาดอนุภาคเฉลี่ย (mean particle size) ดัชนีการกระจายขนาดอนุภาค (polydispersity index) และค่าประจุบนอนุภาค ของโลชันบำรุงผิวขาวสูตรนาโนอิมัลชันจากสารสกัดเปลือกหุ้มเมล็ดมะขามที่ความเข้มข้นร้อยละ 0.05 และ 0.1 ก่อน (t=0) และหลัง heating-cooling cycles 6 รอบ (t=6) เปรียบเทียบกับสูตรพื้นฐาน

ลักษณะทางกายภาพ	สูตรพื้นฐาน (ไม่เติมสารสกัด)		ปริมาณสารสกัดในสูตรตำรับโลชัน			
			ร้อยละ 0.05		ร้อยละ 0.1	
	t=0	t=6	t=0	t=6	t=0	t=6
Mean particle size (nm)	470 ± 14	716 ± 27*	460 ± 16	633 ± 24*	613 ± 7	847 ± 24*
Polydispersity index	0.31 ± 0.00	0.30 ± 0.01	0.33 ± 0.01	0.31 ± 0.02*	0.34 ± 0.01	0.32 ± 0.00*
Surface charge	-36 ± 1.00	-37 ± 1.00	-36 ± 2.80	-39 ± 0.90	-33 ± 0.50	-36 ± 1.00

หมายเหตุ :- * Paired t-test, P< 0.05: เมื่อเปรียบเทียบกับ t = 0 แล้วมีความแตกต่างทางสถิติ

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม

2) ความคงตัวของค่าสี L* a* b*

จากการศึกษาการเปลี่ยนแปลงสีของโลชันบำรุงผิวขาวสูตรนาโนอิมัลชันจากสารสกัดเปลือกหุ้มเมล็ดมะขามหลังจากเก็บในสภาวะเร่ง ด้วยเครื่อง Colorimeter โดยวัดค่า L* แสดงค่าความสว่าง ค่า a* แสดงค่าสีแดง และค่า b* แสดงค่าสีเหลือง ผลการทดลองพบว่า ค่า b* ทั้ง 2 ตำรับมีค่าเพิ่มขึ้น ส่วนค่า L* ในตำรับที่มีสารสกัดร้อยละ 0.1 มีค่าลดลงเล็กน้อย ส่วนตำรับที่มีสารสกัดร้อยละ 0.05 มีค่าไม่เปลี่ยนแปลง ขณะที่ค่า a* (สีแดง) ในตำรับที่มีสารสกัดร้อยละ 0.05 มีค่าเพิ่มขึ้นเล็กน้อย ส่วนตำรับที่มีสารสกัดร้อยละ 0.1 มีค่าไม่เปลี่ยนแปลง (ตารางที่ 4.9) ส่งผลทำให้สีของเนื้อโลชันทั้ง 2 ตำรับ เข้มขึ้นเล็กน้อย ทั้งนี้อาจเป็นผลมาจากการเสื่อมสลายหรือการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างของสารสำคัญในสารสกัดเปลือกหุ้มเมล็ดมะขาม

ตารางที่ 4.9 ค่าสี L* a* b* ของโลชันบำรุงผิวขาวสูตรนาโนอิมัลชันที่มีสารสกัดเปลือกหุ้มเมล็ดมะขามร้อยละ 0.05 และ 0.1 ก่อน (t=0) และหลัง heating-cooling cycles 6 รอบ (t=6)

ลักษณะทางกายภาพ	ปริมาณสารสกัดในสูตรตำรับโลชัน			
	ร้อยละ 0.05		ร้อยละ 0.1	
	t=0	t=6	t=0	t=6
ค่าสี L*	21.75±0.12	21.65±0.76	21.49±0.17	20.65±0.25*
ค่าสี a*	1.47±0.06	1.80±0.21*	2.70±0.07	2.64±0.09
ค่าสี b*	0.63±0.12	2.08±0.52*	1.83±0.19	2.61±0.39*

หมายเหตุ :- * Paired t-test, P< 0.05: เมื่อเปรียบเทียบกับ t = 0 แล้วมีความแตกต่างทางสถิติ

3) ความคงตัวของค่าความหนืด และ ค่า pH

ผลการศึกษาค่าความหนืดของโลชันบำรุงผิวขาวสูตรนาโนอิมัลชันจากสารสกัดเปลือกหุ้มเมล็ดมะขาม พบว่าค่าความหนืดหลังจากเตรียมตำรับทั้งหมดมีค่าไม่แตกต่างกันอยู่ในช่วง 4,250-4,750 cP และหลังจากเก็บในสภาวะเร่ง พบว่า ทุกตำรับมีค่าความหนืดเพิ่มขึ้นอยู่ในช่วง 8,000-8,458 cP ทั้งนี้อาจเป็นเพราะอนุภาคนาโนอิมัลชันเกิดการเกาะกลุ่มกันเมื่อเก็บไว้ในสภาวะเร่งทำให้ค่าความหนืดเพิ่มขึ้น ส่วนค่า pH พบว่าทุกสูตรตำรับ มีค่า pH ไม่เปลี่ยนแปลงภายหลังเก็บในสภาวะเร่ง โดยมีค่า pH อยู่ในช่วง 6.05-6.08 (ตารางที่ 4.10)

ตารางที่ 4.10 ค่าความหนืดและ pH ของโลชันบำรุงผิวขาวสูตรนาโนอิมัลชันที่สารสกัดเปลือกหุ้มเมล็ดมะขามร้อยละ 0.05 และ 0.1 ก่อน (t=0) และหลัง heating-cooling cycles 6 รอบ (t=6)

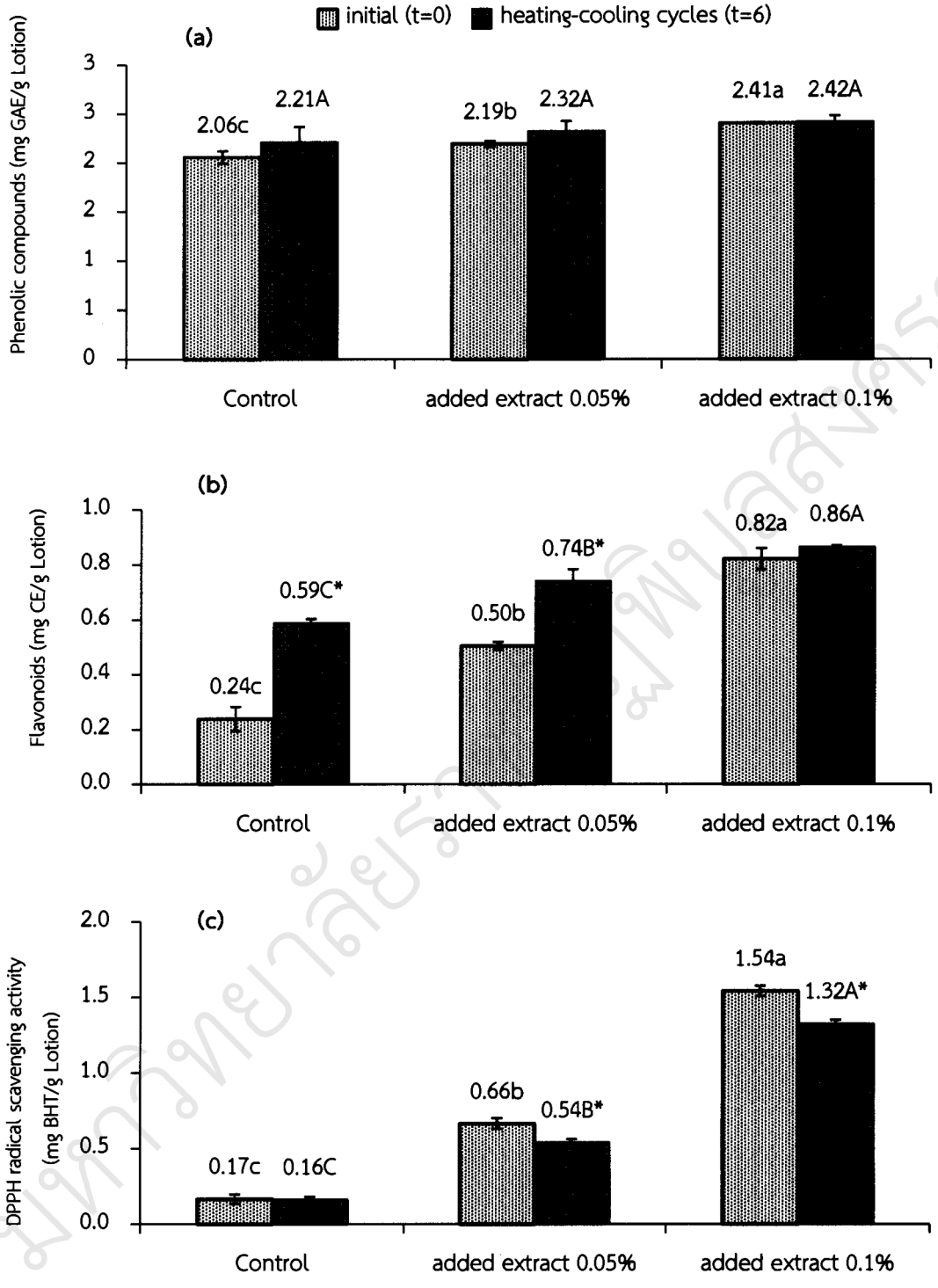
ลักษณะทางกายภาพ	สูตรพื้นฐาน (ไม่เติมสารสกัด)		ปริมาณสารสกัดในสูตรตำรับโลชัน			
			ร้อยละ 0.05		ร้อยละ 0.1	
	t=0	t=6	t=0	t=6	t=0	t=6
ค่าความหนืด (cP)	4,750±64	8,458±173*	4,292±375	8,000± 291*	4,250±229	8,208±105*
ค่า pH	6.07±0.03	6.07±0.04	6.05±0.04	6.08±0.02	6.08±0.02	6.07±0.03

หมายเหตุ :- * Paired t-test, $P \leq 0.05$: เมื่อเปรียบเทียบกับ t = 0 แล้วมีความแตกต่างทางสถิติ

4) ความคงตัวของสมบัติการต้านออกซิเดชัน

ผลการศึกษาความคงตัวของปริมาณ total phenolic compounds, total flavonoids และ DPPH radical-scavenging activity ของโลชันบำรุงผิวขาวสูตรนาโนอิมัลชันจากสารสกัดเปลือกหุ้มเมล็ดมะขามภายหลังเก็บในสภาวะเร่งด้วยวิธี heating-cooling cycles พบว่า ปริมาณ total phenolic compounds ในสูตรตำรับก่อนและหลังการเก็บในสภาวะเร่งมีปริมาณที่ไม่แตกต่างทางสถิติ ($P > 0.5$) เมื่อวิเคราะห์ความแตกต่างด้วยวิธี t-test สำหรับค่า total flavonoids พบว่า มีปริมาณเพิ่มขึ้นในโลชันสูตรพื้นฐานและสูตรตำรับที่เติมสารสกัดร้อยละ 0.05 หลังการเก็บในสภาวะเร่ง ขณะที่ฤทธิ์ DPPH radical-scavenging activity ของโลชันสูตรตำรับที่เติมสารสกัดทั้ง 2 สูตรลดลงหลังการเก็บในสภาวะเร่งเล็กน้อย (ภาพที่ 4.6) ทั้งนี้อาจเกิดจากการแตกตัวหรือการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างของสารประกอบฟลาโวนอยด์โดยเฉพาะอย่างยิ่งสาร proanthocyanidins ซึ่งเป็นองค์ประกอบหลักในสารสกัดเปลือกหุ้มเมล็ดมะขามและมีโครงสร้างเป็น polymer ของสาร monomeric flavan-3-ol คือ (+)-catechin, (-)-epicatechin และ dimer flavan-3-ol คือ procyanidins ทำให้สามารถตรวจวัดปริมาณของสารประกอบฟลาโวนอยด์เพิ่มมากขึ้นและส่งผลถึงฤทธิ์การยับยั้งอนุมูลอิสระที่เปลี่ยนแปลงไป (Sudjaroen et al., 2005)

มหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร



ภาพที่ 4.6 เปรียบเทียบปริมาณ total phenolic compounds (a), total flavonoids (b) และ DPPH radical-scavenging activity (c) ของโลชันสูตรพื้นฐาน (control) และสูตรตำรับที่เติมสารสกัดเปลือกหุ้มเมล็ดมะขามร้อยละ 0.05 และ 0.1 ในช่วงก่อน (t=0) และหลังการทดสอบความคงตัวด้วยวิธี heating-cooling cycles 6 รอบ (t=6)

หมายเหตุ - ภาษาอังกฤษพิมพ์เล็กและพิมพ์ใหญ่ที่แตกต่างกันในแต่ละข้อมูลแสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$)

- * Paired t-test แล้วมีความแตกต่างทางสถิติ ($P \leq 0.05$)

มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม

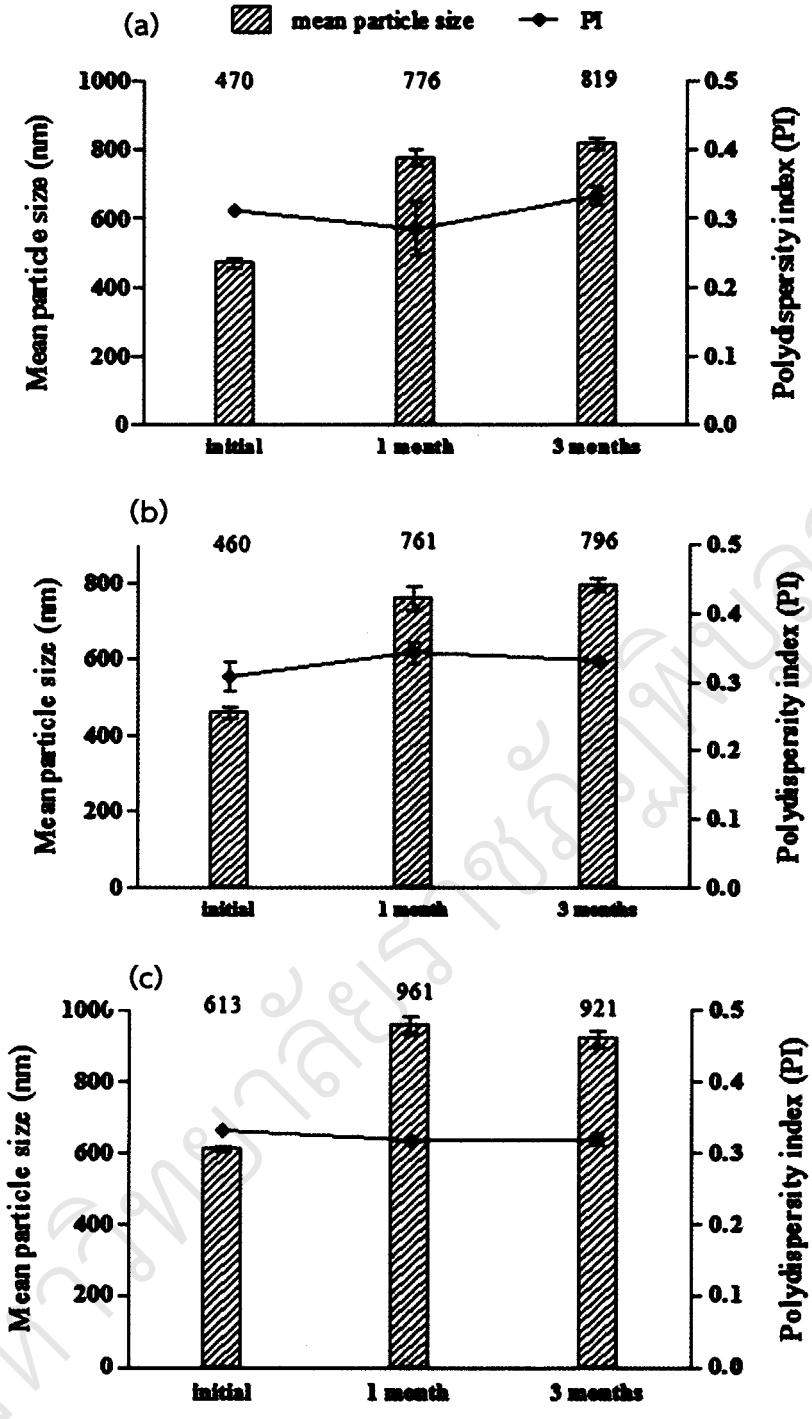
มีรายงานการวิจัยที่บ่งชี้ว่าสาร flavonoid ที่พบในเปลือกหุ้มเมล็ดมะขามส่วนใหญ่เป็นชนิด โมโนเมอร์ (monomer) ได้แก่ (+)-catechin และ (-)-epicatechin และไดเมอร์ (dimer) คือ procyanidins เป็นสารกลุ่มที่ชอบน้ำ (hydrophilic) ดังนั้นจึงมีความคงตัวน้อยเมื่ออยู่ในตำรับโลชันที่มีลักษณะเป็นอิมัลชันประเภทน้ำมันกระจายตัวในน้ำ (o/w) เพราะสารที่ชอบน้ำจะถูกกักเก็บบริเวณผิวของอนุภาค ซึ่งทำให้สารสามารถสัมผัสกับน้ำและ O_2 ที่อยู่ในวัตภาคภายนอกซึ่งอาจเป็นสาเหตุของการแตกตัวหรือการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างของสาร flavonoid เมื่อถูกกระตุ้นด้วยสภาวะเร่งได้ (De Taeye et al., 2014; Jelena et al., 2015)

2.2.2 ความคงตัวในสภาวะปกติ (อุณหภูมิห้อง)

1) ขนาด การกระจายตัวและค่าประจุของอนุภาค

จากการศึกษาความคงตัวทางกายภาพโดยการวัดขนาด การกระจายตัวและค่าประจุของอนุภาคนาโนอิมัลชันของโลชันเมื่อเก็บในอุณหภูมิปกติเป็นเวลา 1 และ 3 เดือน พบว่า ขนาดอนุภาคทั้ง 3 ตำรับ มีขนาดใหญ่ขึ้นเมื่อเก็บไว้ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 1 และ 3 เดือน ไม่แตกต่างกัน โดยขนาดอนุภาคเพิ่มขึ้นประมาณ 300 นาโนเมตร ในทุกตำรับ ส่วนการกระจายตัวของอนุภาคและค่าประจุบนอนุภาค พบว่าไม่มีการเปลี่ยนแปลง โดยค่าการกระจายตัวของอนุภาคอยู่ในช่วง 0.285-0.343 และค่าประจุอยู่ในช่วง -34 ถึง -39 (ภาพที่ 4.7)

มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม



ภาพที่ 4.7 การเปลี่ยนแปลงขนาดอนุภาคเฉลี่ย และค่าดัชนีการกระจายขนาดอนุภาค (PI) ของโลชันนาโนอิมัลชันสูตรพื้นฐาน (a) สูตรตำรับที่มีสารสกัดร้อยละ 0.05 (b) และ 0.1 (c) เมื่อผ่านการทดสอบความคงตัวที่อุณหภูมิห้อง (RT) นาน 1 เดือน และ 3 เดือน

มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม

2) ความคงตัวของค่าสี L* a* b*

ผลการศึกษาการเปลี่ยนแปลงสีของโลชันบำรุงผิวขาวสูตรนาโนอิมัลชันจากสารสกัดเปลือกหุ้มเมล็ดมะขามเก็บในอุณหภูมิปกติเป็นเวลา 1 และ 3 เดือน พบว่า ค่า L* ทั้ง 2 ตำรับมีค่าลดลงเล็กน้อย โดยตำรับที่มีสารสกัดร้อยละ 0.05 จะลดลงตั้งแต่เดือนที่ 1 คิดเป็นร้อยละ 4 ในส่วนตำรับที่มีสารสกัด ร้อยละ 0.1 จะลดลงในเดือนที่ 3 คิดเป็นร้อยละ 7 ขณะที่ ค่า a* ในตำรับที่มีสารสกัดร้อยละ 0.05 มีค่าเพิ่มขึ้นในเดือนที่ 3 ส่วนตำรับที่มีสารสกัดร้อยละ 0.1 มีค่าลดลงตั้งแต่เดือนที่ 1 นอกจากนี้พบว่า ค่า b* มีค่าเพิ่มขึ้นในทั้ง 2 ตำรับ เมื่อเก็บไว้นาน 3 เดือน ส่งผลทำให้เนื้อโลชันมีสีเข้มขึ้น ทั้งนี้อาจเป็นผลมาจากการเสื่อมสลายของสารสำคัญหรือการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างของสารสำคัญในสารสกัดเปลือกหุ้มเมล็ดมะขามในระหว่างการเก็บรักษา (ตารางที่ 4.11) ผลการเปลี่ยนแปลงนี้สอดคล้องกับการทดลองความคงตัวในสภาวะเร่ง heating-cooling cycles จำนวน 6 รอบ

ตารางที่ 4.11 การเปลี่ยนแปลงค่าสี L* a* b* ของโลชันนาโนอิมัลชันสูตรพื้นฐานและสูตรตำรับที่มีสารสกัดเปลือกหุ้มเมล็ดมะขามร้อยละ 0.05 และ 0.1 เมื่อผ่านการทดสอบความคงตัวที่อุณหภูมิห้อง นาน 1 เดือน และ 3 เดือน

ลักษณะทางกายภาพ	ปริมาณสารสกัดในสูตรตำรับโลชัน					
	ร้อยละ 0.05			ร้อยละ 0.1		
	Initial	1 เดือน	3 เดือน	Initial	1 เดือน	3 เดือน
ค่าสี L*	21.75±0.12	20.81±0.54*	20.68±0.26*	21.49±0.17	21.61±0.61	19.83±0.39*
ค่าสี a*	1.47±0.06	1.37±0.15	1.78±0.18*	2.70±0.07	1.88±0.21*	2.09±0.10*
ค่าสี b*	0.63±0.12	1.42±0.12*	2.08±0.28*	1.83±0.19	2.28±0.40	2.39±0.35*

หมายเหตุ :- * Paired t-test, $P \leq 0.05$: เมื่อเปรียบเทียบกับ initial แล้วมีความแตกต่างทางสถิติ

3) ความคงตัวของค่าความหนืด และ ค่า pH

จากการศึกษาความคงตัวค่าความหนืดของโลชันบำรุงผิวขาวสูตรนาโนอิมัลชันจากสารสกัดเปลือกหุ้มเมล็ดมะขามหลังเก็บไว้อุณหภูมิปกติเป็นเวลา 1 และ 3 เดือน พบว่า ทุกสูตรตำรับมีค่าความหนืดเพิ่มขึ้นภายหลังเก็บไว้ที่อุณหภูมิปกติเป็นเวลา 3 เดือน คิดเป็นร้อยละ 27 ทั้งนี้อาจเป็นเพราะอนุภาคนาโนอิมัลชันเกิดการเกาะกลุ่มกันเมื่อเก็บไว้เป็นเวลานาน ส่วนค่า pH พบว่าทุกสูตรตำรับ มีค่า pH ไม่เปลี่ยนแปลง โดยมีค่า pH อยู่ในช่วง 6.05-6.08 (ตารางที่ 4.12) ผลการทดลองนี้สอดคล้องกับการทดลองความคงตัวในสภาวะเร่ง heating-cooling cycles จำนวน 6 รอบ

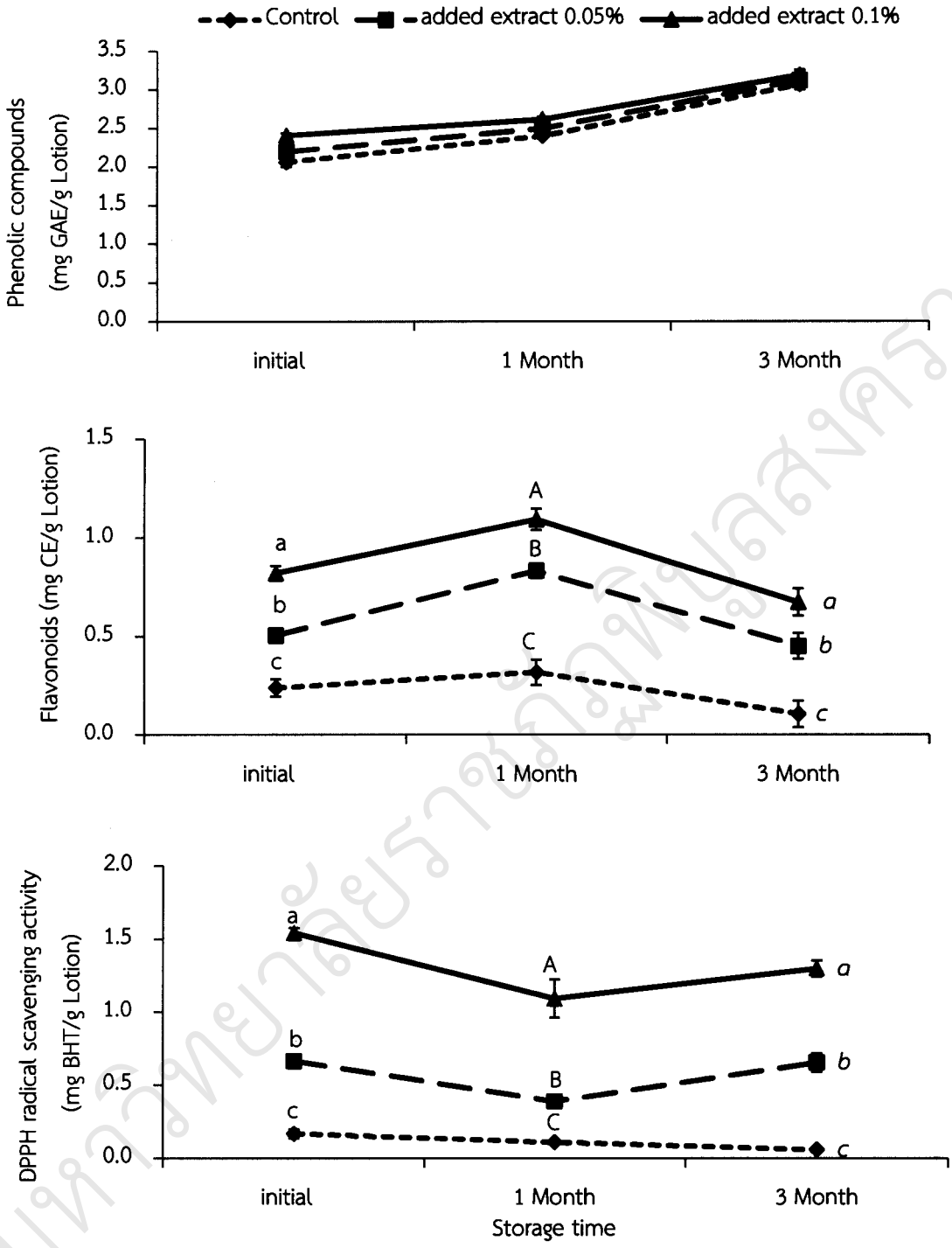
ตารางที่ 4.12 การเปลี่ยนแปลงค่าความหนืดและ pH ของโลชันนาโนอิมัลชันสูตรพื้นฐานและสูตรตำรับที่เติมสารสกัดเปลือกหุ้มเมล็ดมะขามร้อยละ 0.05 และ 0.1 เมื่อผ่านการทดสอบความคงตัวที่อุณหภูมิห้อง นาน 1 เดือน และ 3 เดือน

สูตรตำรับ	ค่าความหนืด (cP)			ค่า pH		
	Initial	1 เดือน	3 เดือน	Initial	1 เดือน	3 เดือน
สูตรพื้นฐาน	4,750±64	7,750±244*	5,669±135*	6.07±0.03	6.05±0.05	6.07±0.03
เติมสารสกัดร้อยละ 0.05	4,292±375	7,375±237*	5,542±134*	6.05±0.04	6.07±0.03	6.05±0.05
เติมสารสกัดร้อยละ 0.1	4,250±229	6,583±182*	5,333±173*	6.08±0.02	6.08±0.03	6.05±0.05

หมายเหตุ :- * Paired t-test, P< 0.05: เมื่อเปรียบเทียบกับ initial แล้วมีความแตกต่างทางสถิติ

4) ความคงตัวของสารต้านออกซิเดชัน

ปริมาณ total phenolic compounds, flavonoids และฤทธิ์ DPPH radical scavenging activity ในโลชันนาโนอิมัลชันสูตรพื้นฐานและสูตรตำรับที่เติมสารสกัดเปลือกหุ้มเมล็ดมะขามร้อยละ 0.05 และ 0.1 เมื่อผ่านการทดสอบความคงตัวที่อุณหภูมิห้อง นาน 1 เดือน และ 3 เดือน แสดงในภาพที่ 4.8 สาร total phenolic compounds ในโลชันทั้งสูตรพื้นฐานและสูตรตำรับที่เติมสารสกัดเพิ่มสูงขึ้นอย่างต่อเนื่องหลังการเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องนาน 3 เดือน สำหรับสาร flavonoids ในตำรับโลชันที่เติมสารสกัดเปลือกหุ้มเมล็ดมะขามทั้ง 2 สูตร มีปริมาณสูงกว่าค่าเริ่มต้นเมื่อเก็บไว้ที่สภาวะปกติเป็นเวลา 1 เดือน และลดลงหลังการเก็บไว้นาน 3 เดือน ทั้งนี้อาจเป็นผลมาจากสารประกอบที่อยู่ในสารสกัดเปลือกเมล็ดมะขามซึ่งเป็นสารกลุ่ม oligomeric flavonoids ได้แก่ procyanidin B2, (-)-epicatechin, procyanidin trimer, procyanidin tetramer, procyanidin pentamer, procyanidin hexamer, และ polymeric tannins เกิดการแตกตัวเป็น monomeric flavonoids ทำให้สามารถตรวจวัดปริมาณ flavonoids ได้มากขึ้น หลังจากนั้นอาจเกิดการเสื่อมสภาพหรือการรวมตัวของสารในกลุ่ม monomeric flavonoids จึงส่งผลให้ปริมาณ flavonoids ที่ตรวจวัดได้ลดต่ำลง (Sudjaroen et al., 2005) และเมื่อทดสอบความคงตัวที่อุณหภูมิห้องครบ 3 เดือน พบว่า สูตรตำรับที่มีสารสกัดร้อยละ 0.05 มีค่า remaining หรือค่าการคงเหลือของสาร flavonoids ร้อยละ 84 และสูตรตำรับที่มีสารสกัดร้อยละ 0.1 มีค่าการคงเหลือของสาร flavonoids ร้อยละ 82 แสดงให้เห็นว่าโลชันสารสกัดเปลือกหุ้มเมล็ดมะขามสูตรนาโนอิมัลชันที่พัฒนาได้มีความคงตัวของสารต้านอนุมูลอิสระค่อนข้างสูง และพบว่าสูตรตำรับที่เติมสารสกัดมีองค์ประกอบของสารต้านออกซิเดชันสูงกว่าสูตรพื้นฐาน และสูตรตำรับที่เติมสารสกัดร้อยละ 0.1 มีสารต้านออกซิเดชันสูงกว่าสูตรตำรับที่เติมสารสกัดร้อยละ 0.05 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$)



ภาพที่ 4.8 การเปลี่ยนแปลงของ total phenolic compounds, flavonoids และฤทธิ์ DPPH radical scavenging activity ในโลชันนาโนอิมัลชันสูตรพื้นฐานและสูตรตำรับที่เติมสารสกัดเปลือกหุ้มเมล็ดมะขามร้อยละ 0.05 และ 0.1 ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องนาน 3 เดือน

มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม

ผลการทดสอบความคงตัวของฤทธิ์ DPPH radical-scavenging activity ในตำรับโลชันบำรุงผิวขาวสูตรนาโนอิมัลชันที่มีสารสกัดเปลือกหุ้มเมล็ดมะขามร้อยละ 0.05 และ 0.1 พบว่า ทั้ง 2 ตำรับมีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระลดลง และเมื่อเก็บไว้นาน 3 เดือนมีค่า remaining ของฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระอยู่ในช่วงร้อยละ 84-98 ซึ่งการเปลี่ยนแปลงของฤทธิ์ DPPH radical-scavenging activity นี้เกิดขึ้นจากการเปลี่ยนแปลงปริมาณและโครงสร้างของสารต้านออกซิเดชัน total phenolic compounds และ total flavonoids ในระหว่างการเก็บรักษา สูตรตำรับที่เติมสารสกัดตรวจพบฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระสูงกว่าสูตรพื้นฐาน 4-9 เท่า และสูตรตำรับที่เติมสารสกัดร้อยละ 0.1 พบฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระสูงกว่าสูตรตำรับที่เติมสารสกัดร้อยละ 0.05 ประมาณ 2 เท่า

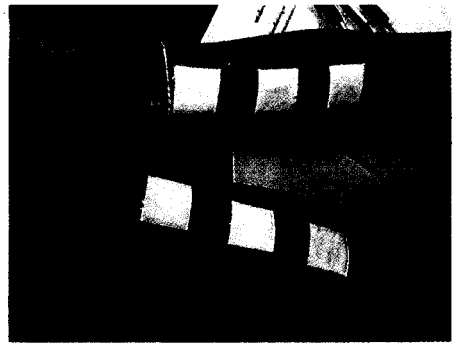
2.3 ศึกษาประสิทธิภาพของผลิตภัณฑ์โลชันบำรุงผิวขาวสูตรนาโนอิมัลชันจากสารสกัดเปลือกหุ้มเมล็ดมะขามกับอาสาสมัคร

จากผลการทดลองข้างต้น พบว่าตำรับโลชันบำรุงผิวขาวสูตรนาโนอิมัลชันจากสารสกัดเปลือกหุ้มเมล็ดมะขามความเข้มข้นร้อยละ 0.1 มีผลการทดสอบความคงตัวที่ดีและมีประสิทธิภาพการต้านอนุมูลอิสระที่สูงกว่าสูตรตำรับมีสารสกัดร้อยละ 0.05 ดังนั้นผู้วิจัยจึงเลือกสูตรตำรับที่มีสารสกัดร้อยละ 0.1 มาทดสอบประสิทธิภาพของผลิตภัณฑ์กับอาสาสมัคร ดังนี้

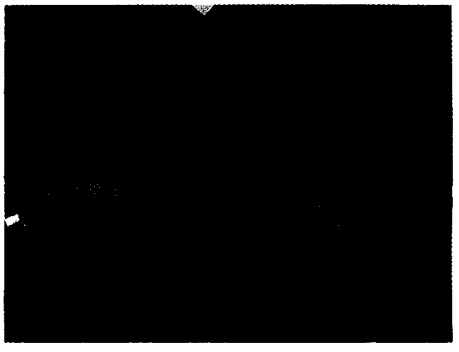
2.3.1 การทดสอบความระคายเคืองของผลิตภัณฑ์โดยวิธี close patch test

ผลการทดสอบความระคายเคืองของผลิตภัณฑ์โดยวิธี close patch test ในอาสาสมัครจำนวน 15 คน พบว่าผลิตภัณฑ์จริง ผลิตภัณฑ์หลอก และ sterile water ไม่มีผลทำให้เกิดการระคายเคืองต่อผิวหนังของอาสาสมัคร โดยมีค่าคะแนนเป็น 0 คือ ไม่มีการเปลี่ยนแปลงของผิวหนัง ดังแสดงในภาพที่ 4.9

มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม



ระหว่างการทดสอบ



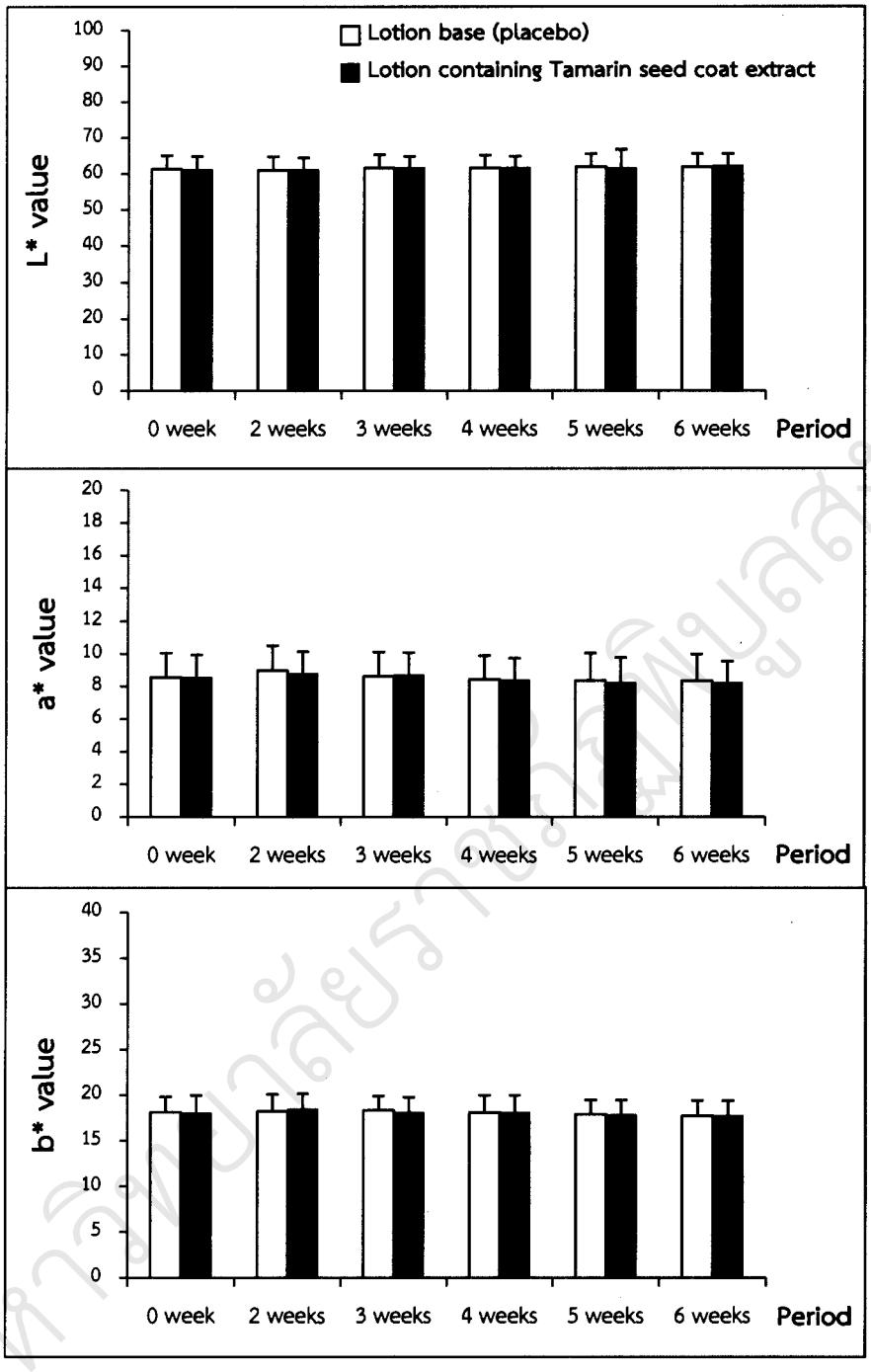
หลังการเปิด patch ออก 30 นาที

ภาพที่ 4.9 การทดสอบความระคายเคืองของผลิตภัณฑ์โลชันบำรุงผิวขาวสูตรนาโนอิมัลชันจากสารสกัดเปลือกหุ้มเมล็ดมะขามกับอาสาสมัครในระหว่างการทดสอบ และการเปลี่ยนแปลงของผิวหลังจากเปิด patch ออก 30 นาที

2.3.2 การทดสอบประสิทธิภาพของผลิตภัณฑ์ในอาสาสมัคร

จากการศึกษาการวัดระดับความเข้มสีผิวโดยวัดค่า L* a* b* ของผิวจากเครื่องมือ Chromameter โดยค่า L* แสดงค่าเม็ดสีผิว (pigment) ค่า a* แสดงค่าความแดงของผิว (erythema) และค่า b* แสดงค่าความซีดของผิว (sallowness) จากการทดลองวัดระดับความเข้มสีผิวของอาสาสมัครโดยใช้ค่าสี L* a* b* จะสามารถแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าสีกับค่าความแดงของผิว (erythema) และค่าเม็ดสีผิว (melanin) ได้ดังนี้ ค่าความแดงของผิว แสดงค่า –L* +a* และ – b* ส่วนค่าเมลานินของผิว แสดงค่า –L* +a* และ +b* (Clarys et al., 2000; Takiwaki, 1998; Yun et al., 2010) ผลการทดลองเปรียบเทียบค่า L* a* b* ของผิวหลังจากใช้โลชันบำรุงผิวขาวสูตรนาโนอิมัลชันจากสารสกัดเปลือกหุ้มเมล็ดมะขามกับโลชันที่ไม่เติมสารสกัด ที่เวลา 0 ถึง 6 สัปดาห์ ในอาสาสมัคร จำนวน 25 คน พบว่าค่าความแดงของผิวและค่าเม็ดสีผิวมีค่าไม่แตกต่างกันทั้งโลชันที่ผสมสารสกัดเปลือกหุ้มเมล็ดมะขามและโลชันที่ไม่เติมสารสกัด และประสิทธิภาพในแง่การลดค่าความแดงและค่าเม็ดสีผิวมีผลไม่แตกต่างกันระหว่างก่อนและหลังใช้ผลิตภัณฑ์ (ภาพที่ 4.10) ทั้งนี้อาจเป็นผลมาจากการทดสอบใช้ระยะเวลาสั้นเกินไปจึงไม่สามารถเห็นการเปลี่ยนแปลงของสีผิวได้อย่างชัดเจน

มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม



ภาพที่ 4.10 ค่า L* a* b* ของผิวโดยประเมินประสิทธิภาพจากเครื่องมือ Chroma meter หลังจากใช้โลชันบำรุงผิวขาวสูตรนาโนอิมัลชันจากสารสกัดเปลือกหุ้มเมล็ดมะขามและโลชันเบส ที่เวลา 0 ถึง 6 สัปดาห์

มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม

2.3.3 ประเมินความพึงพอใจของผลิตภัณฑ์

การประเมินความพึงพอใจของผลิตภัณฑ์ โดยใช้วิธี 5-Point Hedonic Scale จากอาสาสมัคร จำนวน 25 คน ในผลิตภัณฑ์โลชันบำรุงผิวขาวจากสารสกัดเปลือกหุ้มเมล็ดมะขาม ต่อคุณลักษณะทางประสาทสัมผัส 9 ด้าน ได้แก่ สีของผลิตภัณฑ์ กลิ่นของผลิตภัณฑ์ ความข้นหนืดของโลชัน การกระจายตัวของโลชันบนผิวหนัง การซึมเข้าสู่ผิวของโลชันหลังใช้ ความชุ่มชื้นของผิวหลังใช้ ความนุ่ม/เรียบเนียนของผิวหลังใช้ อาการระคายเคืองของผิวหลังใช้ และความพึงพอใจโดยรวมต่อผลิตภัณฑ์ ผลการทดลอง พบว่าผลิตภัณฑ์ไม่ก่อให้เกิดการระคายเคืองหลังใช้ และอาสาสมัครให้คะแนนความพึงพอใจในแต่ละด้านอยู่ในช่วง 3.70 - 4.40 ซึ่งอยู่ในระดับปานกลางถึงมากที่สุด โดยมีคะแนนด้านความชุ่มชื้นของผิวหลังใช้สูงสุด รองลงมาคือความพึงพอใจในด้านการซึมเข้าสู่ผิวของโลชันหลังใช้ และความนุ่ม/เรียบเนียนของผิวหลังใช้ ตามลำดับ (ตารางที่ 4.13)

ตารางที่ 4.13 คะแนนความพึงพอใจผลิตภัณฑ์โลชันบำรุงผิวขาวสูตรนาโนอิมัลชันจากสารสกัดเปลือกหุ้มเมล็ดมะขาม

คุณลักษณะ	คะแนนความพึงพอใจ
1. สีของผลิตภัณฑ์	4.03 ± 0.85
2. กลิ่นของผลิตภัณฑ์	3.70 ± 0.95
3. ความข้นหนืดของโลชัน	3.76 ± 1.07
4. การกระจายตัวของโลชันบนผิวหนัง	4.06 ± 0.74
5. การซึมเข้าสู่ผิวของโลชันหลังใช้	4.26 ± 0.64
6. ความชุ่มชื้นของผิวหลังใช้	4.40 ± 0.62
7. ความนุ่ม/เรียบเนียนของผิวหลังใช้	4.23 ± 0.68
8. อาการระคายเคืองของผิวหลังใช้ เช่น อาการแสบ, ร้อน และคัน เป็นต้น (หากไม่มีอาการไม่ต้องกรอก)	ND
9. ความพึงพอใจโดยรวมต่อผลิตภัณฑ์	4.27± 0.52

หมายเหตุ : - ระดับพึงพอใจ 1 = น้อยที่สุด 2 = น้อย 3 = ปานกลาง 4 = มาก 5 = มากที่สุด
- ND ไม่พบคะแนน

ผลการสอบถามเกี่ยวกับการตัดสินใจซื้อผลิตภัณฑ์ในอาสาสมัครจำนวน 25 คน พบว่าให้การตัดสินใจซื้อผลิตภัณฑ์หลังจากทดลองผลิตภัณฑ์ คิดเป็นร้อยละ 100 และเสนอแนะให้ผลิตภัณฑ์ต่อ 120 กรัม ควรมีราคาประมาณ 280 บาท

มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม

ดังนั้นจากการศึกษาสูตรตำรับโลชันบำรุงผิวขาวสูตรนาโนอิมัลชันจากสารสกัดเปลือกหุ้มเมล็ดมะขามสามารถสรุปสูตรตำรับที่เหมาะสมในตารางที่ 4.14 โดยโลชันที่ผลิตได้จากงานวิจัยมีเนื้อสีน้ำตาลอมชมพูอ่อน ไม่เหนียวเหนอะหนะ ซึมเข้าสู่ผิวได้เร็ว และมีคุณภาพทางเคมีและกายภาพโดยสรุปแสดงในตารางที่ 4.15

ตารางที่ 4.14 สูตรตำรับโลชันบำรุงผิวขาวสูตรนาโนอิมัลชันจากสารสกัดเปลือกหุ้มเมล็ดมะขามที่พัฒนาได้จากงานวิจัยนี้

ส่วนประกอบ	ปริมาณ (ร้อยละ)
Phase A	
Medium chain triglyceride	3.00
Jojoba oil	2.20
Silicone 350	1.30
Isopropyl myristate	1.50
Cetyl alcohol	1.25
Steric acid	0.20
Aracel 165	2.50
Stearyl alcohol	0.75
Span 80	0.75
Propyl paraben	0.02
Phase B	
Glycerine	1.30
Propylene glycol	2.50
EDTA	0.10
Tween 80	2.50
Methyl paraben	0.20
Water to	79.27

มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม

ส่วนประกอบ	ปริมาณ (ร้อยละ)
Phase C	
Tamarind seed coat extract	0.10
Phase E	
Carbopol 940	0.10
Xanthan gum	0.09
Trietanolamine	0.35
Perfume	0.03

ตารางที่ 4.15 คุณภาพทางเคมีและกายภาพของโลชันบำรุงผิวขาวสูตรนาโนอิมัลชันสารสกัดเปลือกหุ้มเมล็ดมะขามที่พัฒนาได้จากงานวิจัยนี้

คุณภาพทางเคมีกายภาพ	คุณภาพ
Mean particle size (nm)	613 ± 7
Polydispersity index	0.34 ± 0.01
Surface charge (mV)	-33.00 ± 0.50
Color L*	21.49 ± 0.17
Color a*	2.70 ± 0.07
Color b*	1.83 ± 0.19
Viscosity (cP)	4,250 ± 229
pH	6.08 ± 0.02
Total phenolic compounds (mg GAE/g lotion)	2.41 ± 0.00
Total flavonoids (mg CE/g lotion)	0.82 ± 0.04
DPPH radical-scavenging activity (mg BHT/g lotion)	1.54 ± 0.03

โลชันบำรุงผิวขาวสูตรนาโนอิมัลชันจากสารสกัดเปลือกหุ้มเมล็ดมะขามที่พัฒนาได้จากงานวิจัยนี้ได้รับคะแนนความพึงพอใจด้านการกระจายตัวของโลชันบนผิวหนัง การซึมเข้าสู่ผิวของโลชันหลังใช้ ความชุ่มชื้นของผิวหลังใช้ ความนุ่ม/เรียบเนียนของผิวหลังใช้ และความพึงพอใจโดยรวมอยู่ในระดับมากถึงมากที่สุด และไม่มีอาการระคายเคืองของผิวหลังใช้

มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม

2.4 ศึกษาต้นทุนการผลิตผลิตภัณฑ์โลชันบำรุงผิวขาวสูตรนาโนอิมัลชันจากสารสกัดเปลือกหุ้มเมล็ดมะขาม

ทำการศึกษาต้นทุนของโลชันบำรุงผิวขาวสูตรนาโนอิมัลชันจากสารสกัดเปลือกหุ้มเมล็ดมะขามที่ผลิตได้บรรจุในขวดปั๊มพลาสติกสีชา ขนาดบรรจุ 120 กรัม และฉลาก (ภาพที่ 4.11) คำนวณต้นทุนวัตถุดิบเฉพาะในส่วนของผลิตภัณฑ์ (ยังไม่รวมบรรจุภัณฑ์) มีรายละเอียดดังตารางที่ 4.16

ภาพที่ 4.11 ผลิตภัณฑ์โลชันบำรุงผิวขาวสูตรนาโนอิมัลชันจากสารสกัดเปลือกหุ้มเมล็ดมะขามบรรจุขวดปั๊ม ขนาด 120 กรัม

มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม

ตารางที่ 4.16 ต้นทุนวัตถุดิบของโลชันบำรุงผิวขาวสูตรนาโนอิมัลชันจากสารสกัดเปลือกหุ้มเมล็ดมะขาม

องค์ประกอบ	ราคาสาร/1000 กรัม	ปริมาณสาร/โลชัน 120 กรัม	ราคา (บาท)
Medium chain triglyceride	480	3.60	1.73
Jojoba oil	2200	2.64	5.81
Silicone 350	390	1.56	0.61
Isopropyl myristate	250	1.80	0.45
Cetyl alcohol	210	1.50	0.32
Steric acid	190	0.24	0.05
Aracel 165	315	3.00	0.95
Stearyl alcohol	380	0.90	0.34
Span 80	330	0.90	0.30
Propyl paraben	600	0.02	0.01
Glycerine	80	1.56	0.12
Propylene glycol	150	3.00	0.45
EDTA	290	0.12	0.03
Tween 80	450	3.00	1.35
Methyl paraben	567	0.24	0.14
Water	5	95.12	0.48
สารสกัดเปลือกหุ้มเมล็ดมะขาม	150	0.12	0.02
Carbopol 940	950	0.12	0.11
Xanthan gum	332	0.11	0.04
Trietanolamine	150	0.42	0.06
Perfume	5,000	0.03	0.15
	รวมต้นทุน/โลชัน 120 กรัม		**13.51**

มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม

การศึกษาต้นทุนของโลชันบำรุงผิวขาวสูตรนาโนอิมัลชันจากสารสกัดเปลือกหุ้มเมล็ดมะขามที่ผลิตได้บรรจุในขวดปั๊มพลาสติกสีชา ขนาดบรรจุ 120 กรัม พร้อมฉลาก โดยต้นทุนการผลิตผลิตภัณฑ์โลชันพร้อมบรรจุภัณฑ์ทั้งหมด 100 ส่วน จะแบ่งเป็นสัดส่วนของต้นทุนวัตถุดิบร้อยละ 52 ต้นทุนแรงงานร้อยละ 32 และต้นทุนค่าใช้จ่ายอื่นๆ ร้อยละ 16 (จีรพรรณ, 2530) ดังนั้นต้นทุนผลิตภัณฑ์โลชันพร้อมบรรจุภัณฑ์สำหรับจำหน่าย คือ 79 บาท รายละเอียดแสดงในตารางที่ 4.17

ตารางที่ 4.17 ต้นทุนการผลิตโลชันบำรุงผิวขาวสูตรนาโนอิมัลชันสารสกัดเปลือกหุ้มเมล็ดมะขาม

ส่วนของต้นทุน	ร้อยละ	ราคาต้นทุน (บาท)/โลชัน 120 กรัม
วัตถุดิบ	52	41
ต้นทุนวัตถุดิบ (13.51 บาท)		
ขวดปั๊ม (25 บาท)		
ฉลาก (2 บาท)		
ต้นทุนแรงงาน	32	25
ต้นทุนอื่น	16	13
ราคาต้นทุนผลิตภัณฑ์ทั้งหมด (พร้อมจำหน่าย)		**79 บาท**

2.5 ถ่ายทอดองค์ความรู้การผลิตโลชันบำรุงผิวขาวสูตรนาโนอิมัลชันจากสารสกัดเปลือกหุ้มเมล็ดมะขาม

คณะผู้วิจัยได้จัดฝึกอบรมเชิงปฏิบัติการเพื่อถ่ายทอดเทคโนโลยีการผลิตโลชันบำรุงผิวขาวสูตรนาโนอิมัลชันจากสารสกัดเปลือกหุ้มเมล็ดมะขามให้กับผู้สนใจทั่วไป ในวันที่ 28 เมษายน 2559 ณ ห้องปฏิบัติการเคมี 2 คณะเทคโนโลยีการเกษตรและอาหาร มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม มีผู้เข้าร่วมฝึกอบรมทั้งหมดจำนวน 30 คน ดังแสดงในภาพที่ 4.12 และมีผลการประเมินความพึงพอใจต่อการเข้าร่วมการอบรมอยู่ในระดับมากสุด คิดเป็นร้อยละ 92

มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม

ภาพที่ 4.12 การถ่ายทอดเทคโนโลยีงานวิจัยให้แก่ผู้สนใจทั่วไป

ผลการดำเนินงานของงานวิจัยนี้ได้เป็นไปตามวัตถุประสงค์ของโครงการวิจัยอย่างครบถ้วน โดยได้ทั้งกระบวนการผลิตสารสกัดเปลือกหุ้มเมล็ดมะขามและการนำสารสกัดไปประยุกต์ใช้ในผลิตภัณฑ์เครื่องสำอางที่มีประสิทธิภาพและสามารถนำไปต่อยอดสู่เชิงพาณิชย์ได้ในอนาคต

บทที่ 5
สรุป และข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการวิจัย

จากการศึกษาวิธีการสกัดสารออกฤทธิ์ทางเวชสำอางกลุ่ม phenolic compounds และ flavonoids จากเปลือกหุ้มเมล็ดมะขามและกระบวนการผลิตผลิตภัณฑ์โลชันบำรุงผิวขาวเสริมสารต้านอนุมูลอิสระ สามารถสรุปผลการทดลองได้ดังนี้

5.1.1 วิธีการสกัดสารออกฤทธิ์ทางเวชสำอางกลุ่ม phenolic compounds และ flavonoids จากเปลือกหุ้มเมล็ดมะขาม

งานวิจัยนี้พบว่าชนิดของตัวทำละลายและวิธีการสกัดมีผลต่อปริมาณสารต้านออกซิเดชันและฤทธิ์ทางชีวภาพของสารสกัด โดยวิธีการสกัดที่เหมาะสม คือ การใช้ตัวทำละลายเอทานอลความเข้มข้นร้อยละ 75 สกัดด้วยวิธี maceration นาน 48 ชั่วโมง หรืออาจใช้วิธี ultrasonic-assisted extraction นาน 30 นาที เพื่อลดเวลาในการสกัดให้สั้นลง สารสกัดเปลือกหุ้มเมล็ดมะขามมีสมบัติการต้านออกซิเดชันในปริมาณสูง โดยมีองค์ประกอบของสาร proanthocyanidins มากที่สุด (5.20-5.91 g CE/g extract) คิดเป็นสัดส่วนร้อยละ 74-80 ของปริมาณสารต้านออกซิเดชันที่ตรวจพบทั้งหมด และพบสาร phenolic compounds อยู่ในช่วง 858.16-1187.05 g GAE/g extract และ flavonoids อยู่ในช่วง 0.50-0.68 g CE/g extract นอกจากนี้ยังพบว่าสารสกัดเปลือกหุ้มเมล็ดมะขามมีฤทธิ์ DPPH radical scavenging activity สูงกว่าสารต้านอนุมูลอิสระมาตรฐาน ascorbic acid และมีฤทธิ์ tyrosinase inhibition activity สูงกว่าสารมาตรฐาน kojic acid

5.1.2 การพัฒนาตำรับโลชันบำรุงผิวขาวสูตรนาโนอิมัลชันจากสารสกัดเปลือกหุ้มเมล็ดมะขาม

ในเบื้องต้นได้ศึกษาปริมาณของสารสกัดเปลือกเมล็ดมะขาม โดยผันแปร 3 ระดับ คือ ร้อยละ 0.05 0.1 และ 0.25 และทำการคัดเลือกปริมาณของสารสกัดที่เหมาะสมจากการประเมินค่าคุณภาพทางเคมีกายภาพและความคงตัวของตำรับโลชันบำรุงผิวขาวสูตรนาโนอิมัลชันจากสารสกัดเปลือกหุ้มเมล็ดมะขาม ซึ่งตำรับที่เหมาะสมที่สุด คือตำรับที่เติมสารสกัดร้อยละ 0.1 โดยมีลักษณะทางเคมีกายภาพของผลิตภัณฑ์ที่พัฒนาได้ คือ มีค่าขนาดอนุภาคเฉลี่ยอยู่ในระดับนาโน คือ 613 ± 7 นาโนเมตร มีค่าดัชนีการกระจายขนาดอนุภาคเท่ากับ 0.34 ± 0.01 และค่าประจุบนอนุภาคเท่ากับ

มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม

–33.00 ± 0.50 และประสิทธิภาพการออกฤทธิ์ทางชีวภาพของตำรับโลชันที่วิเคราะห์ได้ คือมีองค์ประกอบของ total phenolic compounds 2.41 ± 0.00 mg GAE/g lotion, total flavonoids 0.82 ± 0.04 mg CE/g lotion และ ฤทธิ์ DPPH radical-scavenging activity 1.54 ± 0.03 mg BHT/g lotion

5.1.3 ศึกษาประสิทธิภาพของผลิตภัณฑ์โลชันบำรุงผิวขาวสูตรนาโนอิมัลชันจากสารสกัดเปลือกหุ้มเมล็ดมะขามกับอาสาสมัคร

ผลการทดสอบการระคายเคืองของผลิตภัณฑ์โลชันบำรุงผิวขาวสูตรนาโนอิมัลชันจากสารสกัดเปลือกหุ้มเมล็ดมะขามที่พัฒนาได้กับอาสาสมัคร จำนวน 15 คน พบว่าไม่เกิดการระคายเคือง และทำการประเมินประสิทธิภาพของผลิตภัณฑ์โลชันบำรุงผิวขาวสูตรนาโนอิมัลชันจากสารสกัดเปลือกหุ้มเมล็ดมะขามที่พัฒนาได้กับอาสาสมัคร จำนวน 25 คน ในระยะเวลา 6 สัปดาห์ โดยวัดค่าระดับความเข้มของสีผิวจากค่า L* a* b* พบว่าในระยะเวลา 6 สัปดาห์ที่ทำการทดสอบ ค่าระดับความเข้มของสีผิวในอาสาสมัครมีค่าเปลี่ยนแปลงไม่ชัดเจน และโลชันบำรุงผิวขาวสูตรนาโนอิมัลชันจากสารสกัดเปลือกหุ้มเมล็ดมะขามที่พัฒนาได้จากงานวิจัยนี้ได้รับคะแนนความพึงพอใจด้านการกระจายตัวของโลชันบนผิวหนัง การซึมเข้าสู่ผิวของโลชันหลังใช้ ความชุ่มชื้นของผิวหลังใช้ ความนุ่ม/เรียบเนียนของผิวหลังใช้ และความพึงพอใจโดยรวมอยู่ในระดับมากถึงมากที่สุด และไม่มีอาการระคายเคืองของผิวหลังใช้

5.1.4 ศึกษาต้นทุนการผลิตผลิตภัณฑ์โลชันบำรุงผิวขาวสูตรนาโนอิมัลชันจากสารสกัดเปลือกหุ้มเมล็ดมะขาม

ราคาต้นทุนของโลชันบำรุงผิวขาวสูตรนาโนอิมัลชันจากสารสกัดเปลือกหุ้มเมล็ดมะขามที่พัฒนาได้จากงานวิจัยนี้ คิดจากวัตถุดิบทั้งหมดรวมต้นทุนแรงงานและต้นทุนค่าใช้จ่ายอื่นๆ พร้อมบรรจุภัณฑ์ขนาดบรรจุ 120 กรัม คือ 79 บาท

5.1.5 การถ่ายทอดเทคโนโลยีการผลิตโลชันบำรุงผิวขาวสูตรนาโนอิมัลชันจากสารสกัดเปลือกหุ้มเมล็ดมะขาม

ได้จัดฝึกอบรมเชิงปฏิบัติการเพื่อถ่ายทอดเทคโนโลยีการผลิตโลชันบำรุงผิวขาวสูตรนาโนอิมัลชันจากสารสกัดเปลือกหุ้มเมล็ดมะขามให้กับผู้สนใจ ในวันที่ 28 เมษายน 2559 ณ ห้องปฏิบัติการเคมี 2 คณะเทคโนโลยีการเกษตรและอาหาร มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม มี

มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม

ผู้เข้าร่วมฝึกอบรมทั้งหมดจำนวน 30 คน ในการอบรมในครั้งนี้ได้เผยแพร่องค์ความรู้จากงานวิจัยโดยได้มีการบรรยาย การสาธิต และให้ผู้เข้าร่วมฝึกอบรมได้ร่วมปฏิบัติการ

5.2 ข้อเสนอแนะ

5.2.1 ควรศึกษาบ่งชี้ชนิดของสารออกฤทธิ์ทางเวชสำอางโดยใช้เครื่องมือวิเคราะห์ขั้นสูง

5.2.2 ควรศึกษาวิธีการสกัดที่เหมาะสมโดยละเอียดมากขึ้น เช่น ระยะเวลาที่เหมาะสมในการสกัดด้วยวิธี maceration

5.2.3 ควรศึกษาการเติมสาร synthetic antioxidnt หรือศึกษาปริมาณของสารก่ออิมัลชันให้มากขึ้น หรือเพิ่มชนิดของสารก่ออิมัลชันที่ช่วยป้องกันการรวมตัวของอนุภาคเข้าไปในตำรับเพื่อช่วยรักษาความคงตัวให้สูงขึ้น

5.2.4 ควรมีการตรวจวิเคราะห์ปริมาณสารออกฤทธิ์กลุ่ม proanthocyanidin ในสูตรตำรับเพิ่มเติมเนื่องจากเป็นกลุ่มสารที่พบมากที่สุดในสารสกัด

มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม

บรรณานุกรม

กรมส่งเสริมการเกษตร, ศูนย์สารสนเทศ. (2546). สถิติการปลูกมะขาม. [ออนไลน์]. สืบค้นจาก: http://www.mof.or.th/fruit/ tamarind/tamarind-statistic.pdf. [10 สิงหาคม 2556].

กรรณิการ์ พุ่มทอง. (2542). ฤทธิ์แอนติออกซิแดนของสารโพลีฟีนอลที่สกัดจากเปลือกหุ้มเมล็ดมะขาม.วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิตภาควิชาชีวเคมีคณะแพทยศาสตร์, มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

เกตุการ ดาจันทา, ธวัชชัย ศุภวิทิตพัฒนา และอัญชนา ปรีชาวรพันธ์. (2555). การสังเคราะห์บริบทองค์รวมการใช้ประโยชน์ของเหลือจากการแปรรูปองุ่นทางเครื่องสำอางและการพัฒนาเครื่องสำอางต้นแบบจากน้ำมันและสารสกัดจากเมล็ดองุ่น. รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์. สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย.

จีรพรรณ กุลดิลก. (2530). เอกสารการสอนชุดวิชาเศรษฐศาสตร์อุตสาหกรรมและทฤษฎีต้นทุน. มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช, นนทบุรี.

นันทิดา หมวกเหล็ก, บวร บุตรดีสิงห์ และ ทรงวุฒิ ยศวิมลวัฒน์. (2556). เภสัช มช. กระเทาะเปลือกเมล็ดมะขามวิจัยพบสารต้านอนุมูลอิสระสูง. [ออนไลน์] http://www.manager.co.th/ campus/viewnews.aspx?NewsID= 9550000002970. [10 สิงหาคม 2556).

เนติ วระนุช, กรกนก อิงคนินันท์, อรรถวิทย์ สมศิริ, วิโรจน์ แก้วเรือง, สถาพร วงศ์เจริญวนกิจ. (2551). การศึกษาและพัฒนาผลิตภัณฑ์เครื่องสำอางบำรุงผิวหน้าจากสารสกัดผลหม่อน. รายงานวิจัยหม่อนไหม, กรมหม่อนไหม.

พิมพ์เพ็ญ พรเฉลิมพงศ์ และนิธิยา รัตนาปนนท์. (2554). เทคนิคการสกัดแบบซอกห์เลต. [ออนไลน์]. สืบค้นจาก: http://www.foodnetworksolution.com/wiki/word/2864/ soxhlet-extraction-การสกัดด้วยซอกเลต. [18 พฤศจิกายน 2557].

พิมพร ลีลาพรพิสิฐ. (2544). เครื่องสำอางสำหรับผิวหนัง. กรุงเทพฯ: โอเดียนสโตร์.

พิมพร ลีลาพรพิสิฐ. (2547). เครื่องสำอางธรรมชาติ ผลิตภัณฑ์สำหรับผิวหนัง. กรุงเทพฯ: โอเดียนสโตร์.

ภัคสิริ สินไชยกิจ และไมตรี สุทธจิตต์. (2554). คุณสมบัติชีวเคมีและการประยุกต์ใช้ของเมล็ดมะขาม. วารสารนเรศวรพะเยา. 4(2): 5-16.

วันเซ็ง สิทธิกิจโยธิน และดวงฤดี เชิดวงศ์เจริญสุข. (2554). ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระของสารสกัดจากเปลือกหุ้มเมล็ดมะขามหวานและมะขามเปรี้ยว. วารสารวิทยาศาสตร์บูรพา. 16(1): 47-55.

ศูนย์วิจัยกสิกรไทย. (2552). ตลาดเครื่องสำอางปี 52: กระแสรักสวย-รักงาม...ยังคงทำให้ธุรกิจขยายตัว. 2525: 1-8.

สำรี ใจดี รพีพล ภโววาท สุนทรี วิทยานารถไพศาล ชัยโย ชัยชาญทิพยุทธ. (2522). มะขาม: การใช้สมุนไพร. โครงการพัฒนาเทคนิคการทำยาสมุนไพร คณะเภสัชศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. กรุงเทพฯ: กรมวิทยาศาสตร์การแพทย์. กระทรวงสาธารณสุข.

เสาวลักษณ์ รุ่งแจ้ง และ Shinmoto, H. (2548). การสกัดสารต้านอนุมูลอิสระจากเปลือกหุ้มเมล็ดมะขามโดยตัวทำละลาย. บทความฉบับเต็มในรายงานสืบเนื่องการประชุมวิชาการของมหาวิทยาลัย เกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 43. 565-569.

โอภา วัชระคุปต์. (2550). สารต้านอนุมูลอิสระ. กรุงเทพฯ: นิวไทยมิตรการพิมพ์.

Alluri, V.K., Rao, C.V., Rao, T.V.N., and Reddy, K.N. (2009). In vitro and In vivo antioxidant activity of *Aphanamixis polystachya* Bark. American Journal of Infectious Diseases. 5(2): 60-67.

Arct, J., and Pytkowska, K. (2008). Flavonoids as components of biologically active cosmeceuticals. Clinics in Dermatology. 26: 347-357.

Arts, I.C.W., and Hollman, P.C.H. (1998). Optimization of a quantitative method for the determination of catechins in fruits and legumes. Journal of Agricultural and Food Chemistry. 46(12): 5156–5162.

Ayurvedic. (2013). Day cream. [Online]. Available: http://www.iherb.com. [10 August 2013).

Balasundram, N., Sundram, K., and Samman, S. (2006). Phenolic compounds in plants and agri-industrial by-products: Antioxidant activity, occurrence, and potential uses. Food Chemistry. 99: 191-203.

Benevente- García, O., Castillo, J., Marín, F.R., Ortuño, A., and Del Río, J.A. (1997). Uses and properties of Citrus flavonoids. Journal of Agriculture and Food Chemistry. 34: 4505–4515.

Bordiga, M., Travaglia, F., Locatelli, M., Coisson, J.D., and Arlorio, M. (2011). Characterisation of polymeric skin and seed proanthocyanidins during ripening in six *Vitis vinifera* L. cv. Food Chemistry. 127: 180–187.

Brand-Williams, W., Cuvelier, M.E., and Berset, C. (1995). Use of free radical method to evaluate antioxidant activity. Lebensm Wiss Technology. 28: 25-30.

Briganti, S., Camera, E., and Picardo, M. (2003). Chemical and instrumental approaches to treat hyperpigmentation. Pigment Cell Research. 16(2): 101-110.

มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม

Burton, G.W., and Traber, M.G. (1990). Vitamin E: Antioxidant activity, biokinetics, and bioavailability. Annual Review of Nutrition. 10: 357-382.

Chang, Q., Zuo, Z., Chow, M. S. S., & Ho, W. K. K. (2006). Effect of storage temperature on phenolics stability in hawthorn (*Crataegus pinnatifida* var. major) fruits and a hawthorn drink. Food Chemistry. 98(3): 426–430.

Clarys, P., Alewaeters, K., Lambrecht, R., and Barel, A.O. (2000). Skin color measurements: comparison between three instruments: the chromameter, the derma spectrometer and the mexameter. Skin Research and Technology. 6(4): 230-238.

De Taeye, C., Cibaka, M.L., Jerkovic, V., and Collin, S. (2014). Degradation of (-)-epicatechin and procyanidin B2 in aqueous and lipidic model systems: first evidence of "chemical" flavan-3-ol oligomers in processed cocoa. Journal of Agricultural and Food Chemistry. 62(36): 9002-9016.

De, M., Krishna, D.A., and Baneerjee, A.B. (1999). Antimicrobial screening of some Indian spices. Phytotherapy Research. 13: 616-618.

Delgado-Andrade, C., and Morales, F.J. (2005) Unraveling the contribution of melanoidins to the antioxidant activity of coffee brews. Journal of Agricultural and Food Chemistry. 53: 1403-1407.

Ee, S.L., Duan, X., Liew, J., and Nguyen, D. (2008). Droplet size and stability nano-emulsions produced by the temperature phase inversion method. Chemical Engineering Journal. 140: 626-631.

Engels,T., Forster, T., and von Rybinski, W. (1995). The influence of coemulsifier type on the stability of oil-in-water emulsions. Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects. 99: 141-149.

Fook, J.M.S.L.L., Macedo, L.L.P., Moura, G.E.D.D., Teixeira, F.M., Oliveira, A.S., Queiroz, A.F.S., and Sales, M.P. (2005). A serine proteinase inhibitor isolated from *Tamarindus indica* seeds and its effects on the release of human neutrophil elastase. Life Sciences. 76(25): 2881-2891.

Frankel, E.N. (1998). Commercial grape juices inhibit the in vitro oxidation of human low- density lipoproteins. Journal of the American Oil Chemists' Society. 46: 834-838.

Garg, A., Garg, S., Zaneveld, L.J.D., and Singla, A.K. (2001). Chemistry and pharmacology of the Citrus bioflavonoid hesperidin. Phytotherapy Research. 15(8): 655-669.

GERDA SPILLMANN. (2013). Day and night cream. [Online]. Available: http://gerdaspillmann. wordpress.com. [10 August 2013).

Giacomoni, P.U., and Rein, G. (2004). A mechanistic model for the aging of human skin. Micron. 35(3): 179-184.

Gibbon, D., and Pain, A. (1985). Crop of drier regions of the tropics. London and New York: Longman.

Gordon, R.A. (2001). Eating disorders East and West: A culture-bound syndromeUnbound. In: Eating Disorders and Cultures in Transition. Nasser, M., Katzman, M. and Gordon, R. (Eds.). Taylor & Francis, New York. p. 1 – 16.

Goyal, P., Kumar, V., Sharma, P. (2007). Carboxymethylation of Tamarind kernel powder. Carbohydrate Polymers. 69: 251–255.

Gu, L., Kelm, M.A., Hammerstone, J.F., Zhang, Z., Beecher, G., Holden, J., Haytowitz, D., and Prior, R.L. (2003). Liquid chromatographic/electrospray ionization mass spectrometric studies of procyanidins in foods. Journal of Mass Spectrometry. 38: 1272-1280.

Guardia, T., Rotelli, A.E., Juarez, A.O., and Pelzer, L.E. (2001). Anti-inflammatory properties of plant flavonoids: Effects of rutin, quercetin and hesperidin on adjuvant arthritis in rat. Farmaco. 56: 683-687.

Jayaprakasha, G.K., Signh, R.P., and Sakariah, K.K. (2001). Antioxidant activity of grape seed (*Vitis vinifera*) extracts on peroxidation models in vitro. Food Chemistry. 73: 285-290.

Jelena, M.M., Aleksandra N.P., Jovana, N.V., Snezana, S.M., Snezana, B.T., and Milan, N.M. (2015). The effect of storage temperature and thermal processing on catechins, procyanidins and total flavonoid stability in commercially available cocoa powders. Physics, Chemistry and Technology. 13(1): 39 – 49.

Jenkins, G. (2002). Molecular mechanisms of skin ageing. Mechanisms of Ageing and Development. 123(7): 801-810.

Jouki, M., and Khazaei, N. (2010). Compare of extraction of phenolic compounds from *Pistacia atlantica* in different solvents. Advances in Biomedical Research. 361-365.

Khairunnuur, F.A., Zulkhairi, A., Azrina, A., Moklas, M.M., Khairullizam, S., Zamree, M.S., and Shahidan, M.A. (2009). Nutritional composition, in vitro antioxidant activity and *Artemia salina* L. lethality of Pulp and Seed of *Tamarindus indica* L. extracts. Malasian Journal of Nutrition. 15: 65–75.

Komutarin, T., Azadi, S., Butterworth, L., Keil, D., Chitsomboon, B., and Suttajit, M. (2004). Extract of the seed coat of *Tamarindus indica* inhibits nitric oxide production by murine acrophages in vitro and in vivo. Food and Chemical Toxicology. 42: 649-658.

Koroleva, M.Y., and Yurtov, E.V. (2012). Nanoemulsions: the properties, methods of preparation and promising applications. Russian Chemical Reviews. 81(1): 21–43.

Lapornik, B., Prošek, M., and Wondra, A.G. (2005). Comparison of extracts prepared from plant by-products using different solvents and extraction time. Journal of Food Engineering 71: 214-222.

Lau, F.C., Bagchi, M., Zafra-Stone, S., and Bagchi, D. (2009). The benefits of antioxidant-rich fruits on skin health. In: Nutritional Cosmetics: Beauty from Within. Tabor, A., and Blair, R.M. (Eds). William Andrew Inc. p. 217-232.

Lee, N.K., Son, K.H., Chang, H.W., Kang, S.S., Park, K., Heo, M.Y., and Kim, K.P. (2004). Prenylated flavonoids as tyrosinase inhibitors. Archives of Pharmacal Research. 27(11): 1132-1135

Lourith, N., Kanlayavattanakul, M., and Chanpirom, S. (2009). Free radical scavenging efficacy of tamarind seed coat and its cosmetics application. Journal of Health Research. 23(4): 159-162.

Luengthanaphol, S., Mongkholkhajornsilp, D., Douglas, S., Douglas, P. L., Pengsopa, L., and Pongamphai, S. (2004). Extraction of antioxidants from sweet Thai tamarind seed coat–preliminary experiments. Journal of Food Engineering. 63: 247–252.

Manosroi, A., Ruksiriwanich, W., Kietthanakorn, B., Manosroi, W., and Manosroi, J. (2011). Relationship between biological activities and bioactive compounds in the fermented rice sap. Food Research International. 44: 2757–2765.

Mantena, S.K., and Katiyar, S.K. (2006). Grape seed proanthocyanidins inhibit UV-radiation-induced oxidative stress and activation of MAPK and NF-kB singnaling in human epidermal keratinocystes. Free Radical Biology and Medicine. 40: 1603-1614.

Mukherjee, P.K., Maity, N., Nema, N.K., and Sarkar, B.K. (2011). Bioactive compounds from natural resources against skin aging. Phytomedicine. 19: 64-73.

Nakamura, Y., Tsuji, S., and Tonogai, Y. (2003). Analysis of Proanthocyanidins in grape seed extracts, health foods and grape seed oils. Journal of Health Science. 49(1): 45-54.

Nakchat, O., Meksuriyen, D., and Pongsamart, S. (2014a). Antioxidant and anti-lipid peroxidation activities of *Tamarindus indica* seed coat in human fibroblast cells. Indian Journal of Experimental Biology. 52(2): 125-132.

Nakchat, O., Nalinratana, N., Meksuriyen, D., and Pongsamart, S. (2014b). Tamarind seed coat extract restores reactive oxygen species through attenuation of glutathione level and antioxidant enzyme expression in human skin fibroblasts in response to oxidative stress. Asian Pacific Journal of Tropical Biomedicine. 4(5): 379-385.

Patrick, F., Valerie, A., Jens, R., and Angelika, K. (2004). Nano-emulsion formation by emulsion phase inversion. Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects. 251: 53–58.

Phetdee, K., Rakchai, R., Rattanamanee, K., Teaktong, T., and Viyoch, J. (2014). Preventive effects of Tamarind seed coat extract on UVA-induced alterations in human skin fibroblasts. Journal of Cosmetic Science. 65(1): 11-24.

Phetdee, K., Rattanamanee, K., Teaktong, T., and Viyoch, J. (2012). Tamarind seed coat extract reduces melanin production via tyrosinase in melanocyte. Journal of Biological Sciences. 12(4): 239-245.

Poljsak, B., Milisav, I., Lampe, T., and Ostan, I. (2011). Reproductive benefit of oxidative damage: An oxidative stress “Malevolence”?. Oxidative Medicine and Cellular Longevity. 1-9.

Pumthong, G. (1999). Antioxidant activity of polyphenolic compounds extracted from seed coat of *Tamarindus indica* Linn. Chiang Mai University, Thailand.

Que, F., Mao, L.C., and Zheng, X.J. (2007). In vitro and vivo antioxidant activities of daylily flowers and the involvement of phenolic compounds. Asia Pacific Journal of Clinical Nutrition. 16: 196-203.

Rajalakshmi, D., and Narasimhan, S. (1996). Food Antioxidants: Source and Methods of Evaluations. In: Food Antioxidants. Madhavi, D.L., Deshpande, S.S. and Salunlhe, D.K. (Eds.). Marcel Decker, New York. p. 65 – 158.

Ramamoorthy, P.K., and Bono, A. (2007). Antioxidant activity, total phenolic and flavonoid content of *Morinda citrifolia* fruit extracts from various extraction processes. Journal of Engineering Science & Technology. 2: 70-80.

Sanchez-Moreno, C., Jimenez-Escria, A., and Saura-Calixto. J. (2000). Study of low-density lipoprotein oxidizability indexes to measure the antioxidant activity of dietary polyphenols. Nutrition Research. 20: 941-953.

Shankaracharya, N.B. (1998). Tamarind Chemistry, Technology and Uses-A Critical Appraisal. Journal of Food Science and Technology. 35: 193-208.

Sherwin, E.R. (1990). Antioxidants. In: Food Additives. Branen, R. (Ed.). Marcel Dekker, New York. p. 135-193.

Siddhuraju, P. (2007). Antioxidant activity of polyphenolic compounds extracted from defatted raw and dry heated *Tamarindus indica* seed coat. LWT –Food Science and Technology. 40: 982–990.

Sies, H., Stahl, W., and Sundquist, A. (1992). Antioxidant functions of vitamins: Vitamin E and C, beta-carotene and other carotenoids. Annals of the New York Academy of Science. 368: 7-19.

Sisopa, P. (2001). Development of Thai native silk cocoon pigments loaded nanostructured lipid carriers (NLCs). Thesis Master of Science, Naresuan University.

Sudjaroen, Y., Haubner, R., Wurtele, G., Hull, W.E., Erben, G., Spiegelhalder, B., Changbumrung, S., Bartsch, H., and Owen, R.W. (2005). Isolation and structure elucidation of phenolics antioxidants from Tamarind (*Tamarindus indica* L.) seeds and pericarp. Food and Chemical Toxicology. 43: 1673–1682.

Suksomtip, M., and Pongsamart, S. (2008). Protective effect against oxidation of human low-density lipoprotein and plasmid DNA strand scission of Tamarind seed coat extract in vitro. LWT-Food Science and Technology. 10: 2002-2007.

Takashi, F., Wakaizumia, M., Ikamib, T., and Saitoa, M. (2008). Amla (*Emblica officinalis* Gaertn.) extract promotes procollagen production and inhibits matrix metalloproteinase-1 in human skin fibroblasts. Journal of Ethnopharmacology. 119: 53–57.

Takiwaki, H. (1998). Measurement of skin color: practical application and theoretical consideration. The Journal of Medical Investigation. 44: 121-126.

Tharwat, T., Izquierdo, P., Esquena, J., and Solans, C. (2004). Formation and stability of nano-emulsions. Advances in Colloid and Interface Science. 108–109: 303–318.

Thongmuang, P., and Sudjarroen, Y. (2013). The tyrosinase and cyclooxygenase inhibitory activities and cytotoxicity screening of *Tamarindus indica* seeds. World Academy of Science, Engineering and Technology. 73: 199-201.

Tsuda, T., Fukaya, Y., Ohshima, K., Yamamoto, A., Kawakishi, S., and Osawa, T. (1995). Antioxidative activity of tamarind extract prepared from the seed coat (Japanese). Journal of the Japanese Society for Food. Science and Technology. 42: 430–435.

Tsuda, T., Watanabe, M., Ohshima, K., Yamamoto, A., Kawakishi, S., and Osawa, T. (1994). Antioxidative components isolated from the seed of Tamarind (*Tamarindus indica* L.). Journal of Agricultural and Food Chemistry. 42: 2671–2674.

Vichitphan, S., Vichitphan, K., and Sirikhansaeng, P. (2007). Flavonoid content and antioxidant activity of Krachai-dun (*Kaempferia parviflora*) wine. KMITL Science and Technology 7: 97–105.

Vilkhu, K., Mawson, R., Simons, L., and Bates, D. (2008). Applications and opportunities for ultrasound assisted extraction in the food industry-A review. Innovative Food Science and Emerging Technologies. 9: 161-169.

Vinatoru, M. (2001). An overview of the ultrasonically assisted extraction of bioactive principles from herbs. Ultrasonics Sonochemistry. 8: 303-313.

Williams, C., Harborne, J., Geiger, H., and Hoult, R. (1999). The flavonoids of *Tanacetum parthenium* and *T. vulgare* and their anti-inflammatory properties. Phytochemistry. 51(2): 417-423.

Wissam, Z., Ghada, B., Wassim, A., and Warid, K. (2012). Effective extraction od polyphenols and proanthocyanidins from Pomegranate's peel. International Journal of Pharmacy and Pharmaceutical Sciences. 4(3): 675-682.

Wulf, H. C., Sandby-Moller, J., Kobayasi, T., and Gniadecki, R. (2004). Skin aging and natural photoprotection. Micron. 35(3): 185-191.

Yamasaki, K., Hashimoto, A., Kokusenya, Y., Miyamoto, T., and Sato, T. (1994). Electrochemical method for estimating the antioxidative effects of methanol extracts of crude drugs. Chemical and Pharmaceutical Bulletin. 42(8): 1663-1665.

Yanishlieva, N.V., and Marinova, E.M. (2001). Stabilisation of edible oils with natural antioxidants. European Journal of Lipid Science and Technology. 103: 752–767.

Yilmaz, Y., and Toledo, R.T. (2006). Oxygen radical absorbance capacities of grape/wine industry byproducts and effect of solvent type on extraction of grape seed polyphenols. Journal of Food Composition and Analysis. 19: 41–48.

Yun, I.S., Lee, W.J., Rah, D.K., Kim, Y.O., and Park, B.Y. (2010). Skin color analysis using a spectrophotometer in Asians. Skin Research and Technology. 16(3): 311-315.

Zheng, Z.-P., Cheng, K.-W., Chao, J., Wu, J., and Wang, M. (2008). Tyrosinase inhibitors from paper mulberry (*Broussonetia papyrifera*). Food Chemistry. 106(2): 529-535.

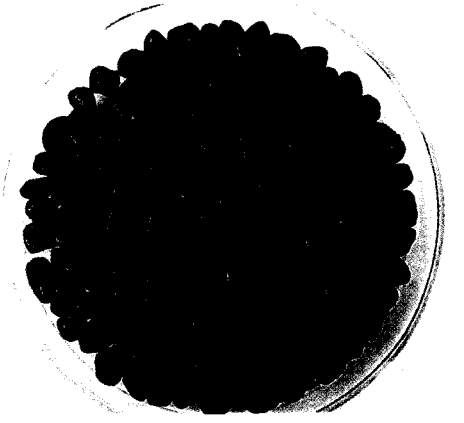
มหาวิทยาลัยราชภัฏบุรีรัมย์

ภาคผนวก

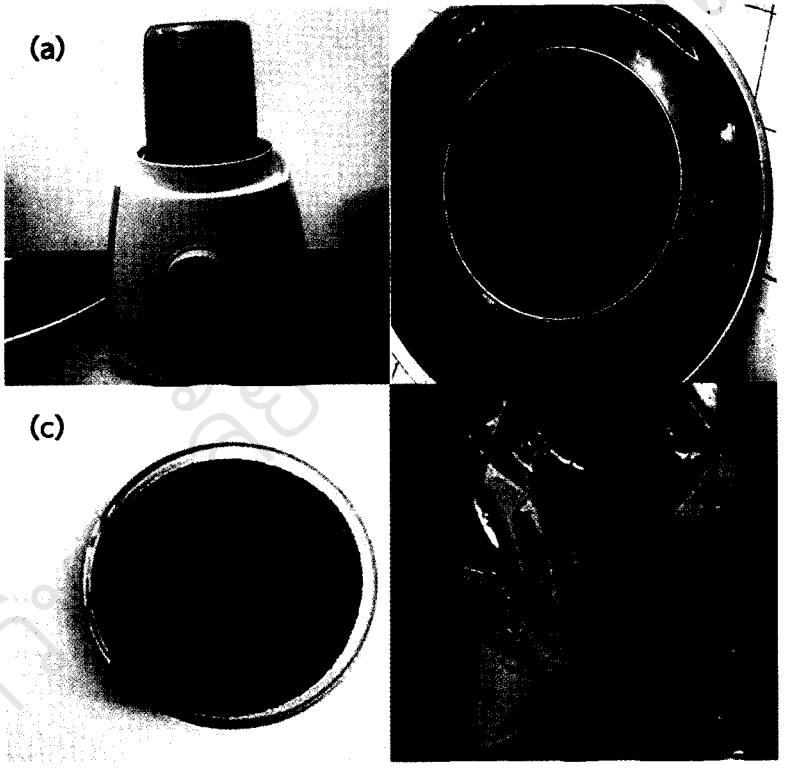
มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม

ภาคผนวก ก
ภาพที่เกี่ยวข้อง

มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม



ภาพที่ ก -1 ลักษณะเปลือกหุ้มเมล็ดมะขามพันธุ์สีทอง



ภาพที่ ก-2 บดเปลือกหุ้มเมล็ดมะขามที่อบแห้งให้เป็นผงละเอียดด้วยเครื่องปั่น (a) ร่อนผ่านตะแกรงขนาด 30 เมช (b, c) บรรจุในถุงอลูมิเนียมฟอยด์และเก็บรักษาที่อุณหภูมิ -20 องศาเซลเซียส (d)

ตอนที่ 2 ข้อมูลเกี่ยวกับการทดสอบผลิตภัณฑ์

<u>วิธีการใช้</u> ทดสอบตัวอย่างกับผิวหนังบริเวณท่อนแขนด้านในโดยทาตัวอย่างที่ได้รับและตอบคำถามในแบบสอบถาม

<u>คำแนะนำ</u> กรุณาใส่หมายเลขในช่องว่างให้ตรงกับความพึงพอใจของท่านมากที่สุด

1 = พอใจน้อยที่สุด 2 = พอใจน้อย 3 = พอใจปานกลาง 4 = พอใจมาก

5 = พอใจมากที่สุด

คุณลักษณะ	ระดับความพึงพอใจ				
	1	2	3	4	5
1. สีของผลิตภัณฑ์					
2. กลิ่นของผลิตภัณฑ์					
3. ความข้นหนืดของโลชัน					
4. การกระจายตัวของโลชันบนผิวหนัง					
5. การซึมเข้าสู่ผิวของโลชันหลังใช้					
6. ความชุ่มชื้นของผิวหลังใช้					
7. ความนุ่ม/เรียบเนียนของผิวหลังใช้					
8. อาการระคายเคืองของผิวหลังใช้ เช่น อาการแสบ, ร้อน และคัน เป็นต้น **<u>(หากไม่มีอาการไม่ต้องกรอก)</u>**					
9. ความชื่นชอบโดยรวมต่อผลิตภัณฑ์					

ส่วนที่ 2: ให้ตอบคำถามหรือทำเครื่องหมายกากบาท (x) ในช่องที่ตรงกับความคิดเห็นของท่าน

1. หากเราผลิตผลิตภัณฑ์ดังกล่าวเพื่อจำหน่าย ท่านคิดว่า ราคาของผลิตภัณฑ์นี้ควรเป็นเท่าใดต่อขวดโลชั่น ขนาด 120 กรัม ..... บาท/ขวด

2. ท่านมีความประสงค์ใช้ผลิตภัณฑ์ของเราต่อไปหรือไม่ ❑ ใช้ ❑ ไม่ใช้ เนื่องจาก .....

.....

ข้อเสนอแนะอื่นๆ .....

ขอขอบคุณทุกท่านที่ตอบแบบสอบถาม ☺

มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม

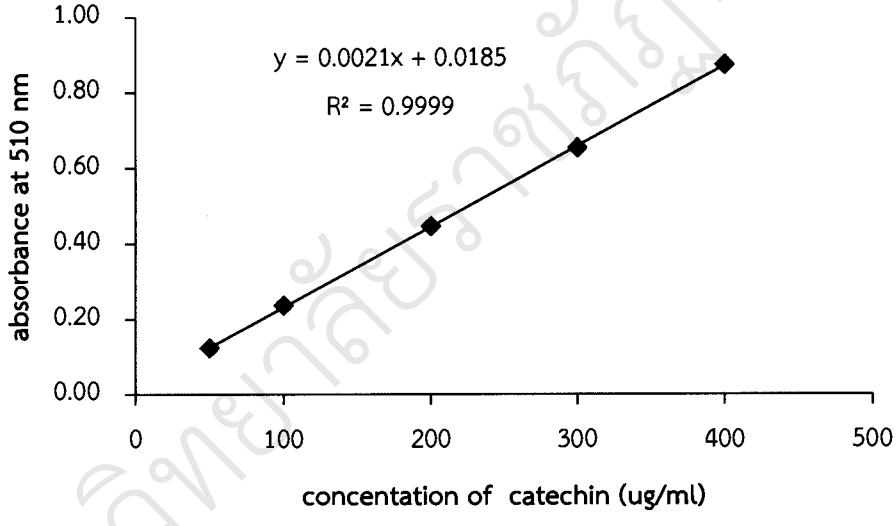
ภาคผนวก ข

วิธีตรวจวิเคราะห์คุณภาพการต้านอนุมูลอิสระ

มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม

1. การตรวจวิเคราะห์ปริมาณฟลาโวนอยด์ (flavonoids)

ตรวจวิเคราะห์หาปริมาณของสารฟลาโวนอยด์ด้วยวิธี aluminum chloride colorimetric method ตามวิธีของ Yang et al. (2009) โดยผสมสารสกัด 0.25 มิลลิลิตร กับน้ำกลั่น 1.25 มิลลิลิตร เติมสารละลาย sodium nitrite (เข้มข้นร้อยละ 5, w/v) 75 ไมโครลิตร บ่มในที่มืดที่อุณหภูมิห้องนาน 5 นาที และเติมสารละลาย aluminum chloride (เข้มข้นร้อยละ 10, w/v) บ่มในที่มืดที่อุณหภูมิห้องนาน 6 นาที จากนั้นเติมสารละลาย sodium hydroxide (เข้มข้น 1 โมลาร์) 0.5 มิลลิลิตร และน้ำกลั่น 775 ไมโครลิตร วัดค่าการดูดกลืนแสงด้วยเครื่อง UV-Vis Spectrophotometer ที่ความยาวคลื่น 510 นาโนเมตร คำนวณหาปริมาณของสารฟลาโวนอยด์จากสมการ $y = 0.0021x + 0.0185$ ค่า $R^2 = 0.9999$ (ภาพที่ ก-1) ซึ่งได้จากกราฟมาตรฐานของ catechin ที่ความเข้มข้น 50 100 200 300 และ 400 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร ในสารละลายเมทานอล คำนวณสารประกอบฟลาโวนอยด์ในสารสกัดในหน่วย g catechin equivalent (CE)/g of extract

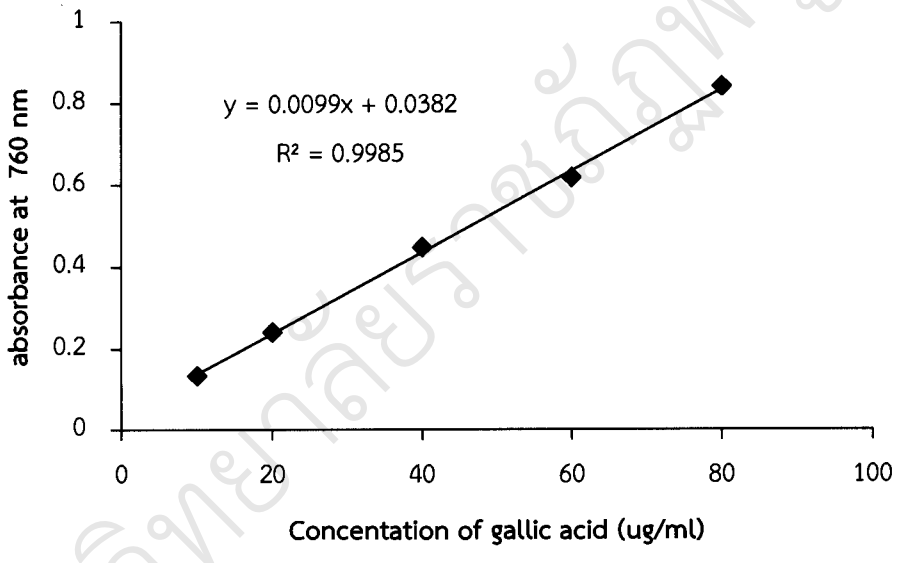


ภาพที่ ข -1 กราฟมาตรฐานของ catechin ในการหาปริมาณฟลาโวนอยด์

มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม

2. การตรวจวิเคราะห์ปริมาณสารประกอบฟีนอล (total phenolic compounds)

ตรวจวิเคราะห์หาปริมาณของสารประกอบฟีนอลในสารสกัดเปลือกกล้วยตามวิธีของ Luque-Rodriguez et al. (2007) โดยผสมสารสกัด 400 ไมโครลิตรกับสารละลาย Folin–Ciocalteu reagent (เข้มข้น 0.25 นอร์มัล) 2 มิลลิลิตร และเติมสารละลายโซเดียมคาร์บอเนต (เข้มข้นร้อยละ 7.5, w/v) 1.6 มิลลิลิตร ผสมให้เข้ากันดีด้วย vortex บ่มหลอดทดลองในอ่างน้ำอุ่นอุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส นาน 5 นาที จากนั้นบ่มต่อในที่มืด 30 นาที วัดค่าการดูดกลืนแสงด้วยเครื่อง UV-Vis Spectrophotometer ที่ความยาวคลื่น 760 นาโนเมตร คำนวณหาปริมาณของสารประกอบฟีนอลจากสมการ $y = 0.0099x + 0.0382$ ค่า $R^2 = 0.9985$ (ภาพที่ ก-2) ซึ่งเป็นกราฟมาตรฐาน (calibration curve) ของ gallic acid ที่ความเข้มข้น 10 20 40 60 และ 80 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร ในสารละลายเมทานอลเข้มข้นร้อยละ 80 คำนวณสารประกอบฟีนอลในหน่วย g gallic acid equivalent (GAE)/g of extract

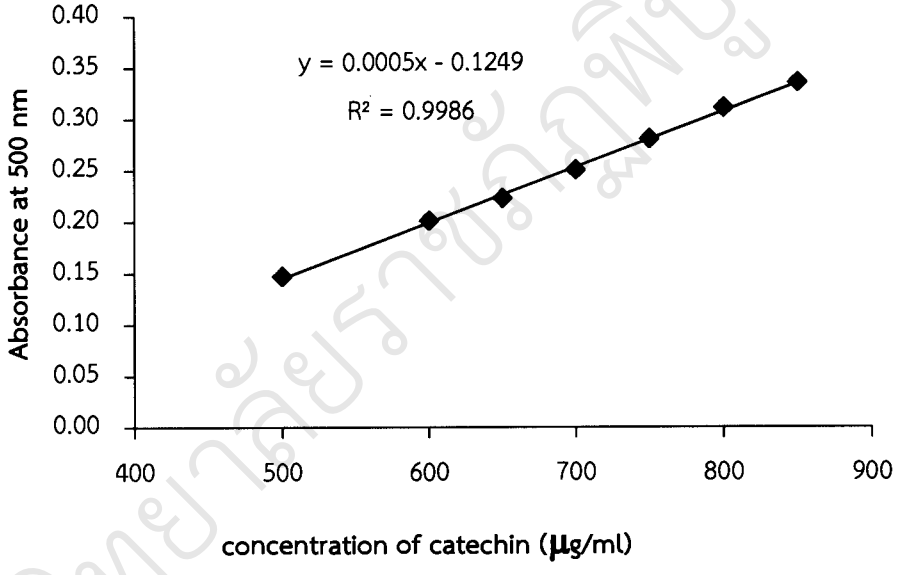


ภาพที่ ข -2 กราฟมาตรฐานของ gallic acid ในการหาปริมาณ total phenolic compounds

มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม

3. **การตรวจวิเคราะห์ปริมาณโปรแอนโทไซยานิดิน (proanthocyanidin)**

การตรวจวิเคราะห์ปริมาณโปรแอนโทไซยานิดินใช้วิธี vanillin-HCl method ตามวิธีการของ (Bordiga et al., 2011) โดยผสมสารสกัด 1 มิลลิลิตร กับสารละลาย vanillin ความเข้มข้นร้อยละ 1 ผสมกับ hydrochloric acid ความเข้มข้นร้อยละ 8 (อัตรา 1:1, v/v) จำนวน 5 มิลลิลิตร ผสมสารให้เข้ากันดี บ่มใน water bath อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาที วัดค่า absorbance ด้วยเครื่อง UV spectrophotometer ที่ความยาวเคลื่อน 500 นาโนเมตร คำนวณหาปริมาณของปริมาณสารโปรแอนโทไซยานิดินจากสมการ $y = 0.0005x - 0.1249$ ค่า $R^2 = 0.9986$ (ภาพที่ ก-3) ซึ่งเป็นกราฟมาตรฐาน (calibration curve) ของ catechin ที่ความเข้มข้น 500 600 650 700 750 800 และ 850 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร คำนวณสารโปรแอนโทไซยานิดินในหน่วย catechin equivalent (CE)/g of extract



ภาพที่ ข -3 กราฟมาตรฐานของ catechin ในการหาปริมาณ proanthocyanidins

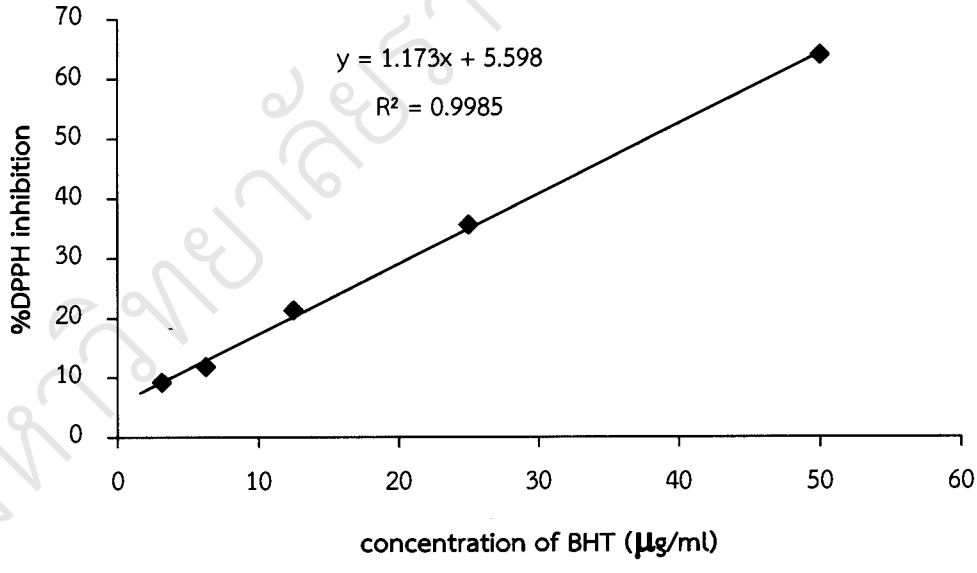
มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม

4. การตรวจวิเคราะห์ฤทธิ์กำจัดอนุมูลอิสระ DPPH (DPPH radical scavenging activity)

ตรวจวิเคราะห์ DPPH radical-scavenging effect ในสารสกัดโดยอ้างอิงวิธีของ Maier et al. (2009) โดยมีการปรับเปลี่ยนเล็กน้อยดังนี้ ผสมสารสกัด 1.5 มิลลิลิตรกับสารละลาย DPPH (เข้มข้น 0.2 มิลลิโมลาร์) 3 มิลลิลิตร เขย่าให้เข้ากันด้วย vortex บ่มในที่มืดนาน 30 นาที วัดค่าการดูดกลืนแสงด้วยเครื่อง UV-Vis Spectrophotometer ที่ความยาวคลื่น 517 นาโนเมตร สำหรับชุดควบคุมใช้เอทานอลทำปฏิกิริยาแทนสารสกัด คำนวณค่า DPPH radical scavenging activity จากสมการ

$$\text{DPPH radical scavenging activity (\%)} = \frac{(\text{Absorbance}_{control} - \text{Absorbance}_{sample})}{\text{Absorbance}_{control}} \times 100$$

เตรียมกราฟมาตรฐานของ BHT ที่ความเข้มข้น 3.13 6.25 12.5 25 และ 50 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร คำนวณค่า DPPH radical scavenging activity และพลอตกราฟระหว่างความเข้มข้น (แกน x) และค่า DPPH radical scavenging activity ได้สมการเส้นตรง $y = 1.173x + 5.598$ ค่า R^2 เป็น 0.9985 (ภาพที่ ก-4) คำนวณฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ DPPH ของสารสกัดเทียบสมมูลกับสาร BHT จากสมการเส้นตรงที่ได้จากกราฟมาตรฐาน BHT



ภาพที่ ข -4 กราฟมาตรฐานของ BHT ในการหาฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ DPPH

มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม

4. **การตรวจวิเคราะห์ฤทธิ์ tyrosinase inhibition activity**

ตรวจวิเคราะห์ฤทธิ์ tyrosinase inhibition ในสารสกัดโดยอ้างอิงวิธีของ (Manosroi et el., 2011) โดยเตรียมตัวอย่างสารสกัดและสารมาตรฐาน kojic acid ที่ความเข้มข้นต่างๆ 8 ความเข้มข้น คือ 1, 2.5, 5, 10, 20, 30, 40 และ 60 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร ในการทำปฏิกิริยาปิเปตสารสกัดหรือสารมาตรฐานแต่ละความเข้มข้น 100 ไมโครลิตร ใส่ในแต่ละหลุมของ 96-microwell plate เติมสารละลายเอนไซม์ไทโรซิเนส (เข้มข้น 200 ยูนิตในสารละลายฟอสเฟสบัฟเฟอร์เข้มข้น 0.1 โมลาร์) จำนวน 100 ไมโครลิตร เติมสารละลายไทโรซีน (เข้มข้น 1 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตรในสารละลายฟอสเฟสบัฟเฟอร์เข้มข้น 0.1 โมลาร์) จำนวน 50 ไมโครลิตร และเติมสารละลายฟอสเฟสบัฟเฟอร์เข้มข้น 0.1 โมลาร์ จำนวน 50 ไมโครลิตร ผสมให้เข้ากันและบ่มที่ 37 องศาเซลเซียส นาน 60 นาที และนำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ 450 นาโนเมตร แต่ละระดับความเข้มข้นของสารสกัดและสารมาตรฐานทำการทดลอง 3 ซ้ำ คำนวณค่า %tyrosinase inhibition ได้จากสูตร

Tyrosinase inhibition activity (%) =[(A−B)−(C−D)/(A−B)]×100

เมื่อ	A	คือ	ค่าการดูดกลืนแสงของ blank หลังการบ่ม
	B	คือ	ค่าการดูดกลืนแสงของ blank ก่อนการบ่ม
	C	คือ	ค่าการดูดกลืนแสงของตัวอย่างหลังการบ่ม
	D	คือ	ค่าการดูดกลืนแสงของตัวอย่างก่อนการบ่ม

คำนวณค่า 50% inhibition (IC_{50}) ได้จากการพลอตกราฟระหว่างค่า %tyrosinase inhibition (แกน Y) กับค่าระดับความเข้มข้น (แกน x) พลอตเส้นแนวโน้มและได้สมการ logarithm คือ y =aln(x) + b จากนั้นแทนค่า y = 50 คำนวณหาค่า x จะได้ค่า 50% inhibition (IC_{50}) ในหน่วยมิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร

มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม

ภาคผนวก ค

เครื่องมือเก็บข้อมูลวิจัยศึกษาประสิทธิภาพของผลิตภัณฑ์โลชันบำรุงผิวขาว สูตรนาโนอิมัลชันจากสารสกัดเปลือกหุ้มเมล็ดมะขามกับอาสาสมัคร

มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม

หนังสือแสดงความยินยอมของอาสาสมัครที่เข้าร่วมโครงการวิจัย
เรื่อง การพัฒนาโลชันบำรุงผิวขาวเสริมสารต้านอนุมูลอิสระสูตรนาโนอิมัลชัน
จากสารสกัดเปลือกหุ้มเมล็ดมะขาม

ข้าพเจ้า (นาย/นาง/นางสาว).....อายุ.....
อยู่บ้านเลขที่.....ซอย.....ถนน.....
แขวง/ตำบล.....เขต/อำเภอ.....
จังหวัด.....รหัสไปรษณีย์.....
บัตรประชาชน/ข้าราชการเลขที่.....เบอร์โทรศัพท์.....
ยินยอมการเข้าร่วมการการทดสอบประสิทธิภาพของผลิตภัณฑ์โลชันบำรุงผิวขาวเสริมสารต้านอนุมูลอิสระสูตรนาโนอิมัลชันจากสารสกัดเปลือกหุ้มเมล็ดมะขาม เป็นเวลา 6 สัปดาห์

ลงนาม.....
(.....)
ผู้เข้าร่วมโครงการ

มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม

ใบรายชื่ออาสาสมัครในการทดสอบประสิทธิภาพ
ของโลชันจากสารสกัดเปลือกหุ้มเมล็ดมะขาม
วันที่.....

Code	ชื่อ นามสกุล	เบอร์โทรศัพท์	เวลาที่ทดสอบ
YN 01			
YN 02			
YN 03			
YN 04			
YN 05			
YN 06			
YN 07			
YN 08			
YN 09			
YN 10			
YN 11			
YN 12			
YN 13			
YN 14			
YN 15			
YN 16			
YN 17			
YN 18			
YN 19			
YN 20			
YN 21			
YN 22			
YN 23			
YN 24			
YN 25			

มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม

ใบบันทึกผล

โครงการ โลชันจากสารสกัดเปลือกหุ้มเมล็ดมะขาม

เครื่องวัดสี

สัปดาห์ที่..... วันที่.....ผู้บันทึก.....

Code	ชื่อ นามสกุล	แขนข้าง	ค่า L	ค่า a	ค่า b
YN01		ซ้าย			
		ขวา			
YN02		ซ้าย			
		ขวา			
YN....		ซ้าย			
		ขวา			

มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม

แบบสอบถาม
การทดสอบความพึงพอใจของผู้บริโภค
เรื่อง การทดสอบความพึงพอใจของผู้บริโภคต่อผลิตภัณฑ์ผลิตภัณฑ์โลชันบำรุงผิวขาวสูตรนาโนอิมัลชันจากสารสกัดเปลือกหุ้มเมล็ดมะขาม

ตัวอย่างที่แจกให้ : ตัวอย่างผลิตภัณฑ์โลชันบำรุงผิวขาวสูตรนาโนอิมัลชันจากสารสกัดเปลือกหุ้มเมล็ดมะขาม

ตอนที่ 1 ข้อมูลทั่วไปของผู้ตอบแบบสอบถาม

<u>คำแนะนำ</u> โปรดทำเครื่องหมาย √ ลงใน ☐ หรือเติมข้อความที่ตรงกับความเป็นจริง

1. เพศ

☐ 1.) ชาย ☐ 2.) หญิง

2. อายุ

☐ 1.) ต่ำกว่า 20 ปี ☐ 2.) 20 – 30 ปี ☐ 3.) 31 – 40 ปี
☐ 4.) 41 – 50 ปี ☐ 5.) 50 ปีขึ้นไป

3. การศึกษาสูงสุดที่ได้รับ

☐ 1.) ต่ำกว่าปริญญาตรี ☐ 2.) ปริญญาตรี
☐ 3.) ปริญญาโท ☐ 4.) สูงกว่าปริญญาโท

4. **อาชีพ**

☐ 1.) นักเรียน/นักศึกษา ☐ 2.) ข้าราชการ/รัฐวิสาหกิจ
☐ 3.) พนักงานบริษัทเอกชน ☐ 4.) ธุรกิจส่วนตัว
☐ 5.) อื่น ๆ (โปรดระบุ).....

5. **รายได้ต่อเดือน**

☐ 1.) ต่ำกว่า 10,000 บาท ☐ 2.) 10,000-20,000 บาท
☐ 3.) มากกว่า 20,000 บาท

มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม

ภาคผนวก ง
ผลการทดสอบความพึงพอใจของผู้เข้าร่วมฝึกอบรมเชิงปฏิบัติการ

มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม

แบบสอบถามความพึงพอใจของผู้เข้าร่วมฝึกอบรมเชิงปฏิบัติการเพื่อถ่ายทอดเทคโนโลยีการผลิตโลชันบำรุงผิวขาวสูตรนาโนอิมัลชันจากสารสกัดเปลือกหุ้มเมล็ดมะขาม โดยมีหัวข้อการประเมินความพึงพอใจทั้งหมด 11 ด้าน คือ (1) ด้านรูปแบบกระบวนการจัดอบรม/กิจกรรม, (2) ด้านความเชี่ยวชาญของวิทยากรและการให้บริการของทีมงาน, (3) ด้านความเหมาะสมของสิ่งอำนวยความสะดวก, (4) ด้านความเหมาะสมของสถานที่จัดกิจกรรม, (5) ด้านความพร้อมเอกสารประกอบกิจกรรม, (6) ด้านอาหารว่างและอาหารกลางวัน, (7) ด้านความเหมาะสมของระยะเวลาการจัดกิจกรรม, (8) ความพึงพอใจโดยรวมต่อคุณภาพการให้บริการ, (9) ความรู้ความเข้าใจหลังการเข้าร่วมกิจกรรม, (10) การนำความรู้ไปประยุกต์ใช้ประโยชน์ได้ และ (11) ความพึงพอใจโดยรวมต่อการเข้าร่วมกิจกรรม โดยผลการประเมินความพึงพอใจของผู้เข้าร่วมฝึกอบรม แสดงในตารางที่ ค-1 ดังนี้

มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม

ตารางที่ ง-1 คะแนนความพึงพอใจของผู้เข้าร่วมฝึกอบรมเชิงปฏิบัติการเพื่อถ่ายทอดเทคโนโลยีการผลิตโลชันบำรุงผิวขาวสูตรนาโนอิมัลชันจากสารสกัดเปลือกหุ้มเมล็ดมะขาม

หัวข้อประเมินความพึงพอใจ	คะแนนเฉลี่ย	ร้อยละความพึงพอใจ	ระดับความพึงพอใจ
1.ด้านรูปแบบกระบวนการจัดอบรม/กิจกรรม	4.60	92.00	มากที่สุด
2.ด้านความเชี่ยวชาญของวิทยากรและการให้บริการของทีมงาน	4.53	90.67	มากที่สุด
3.ด้านความเหมาะสมของสิ่งอำนวยความสะดวก	4.27	85.33	มาก
4. ด้านความเหมาะสมของสถานที่จัดกิจกรรม	4.47	89.33	มาก
5. ด้านความพร้อมเอกสารประกอบกิจกรรม	4.13	82.67	มาก
6. ด้านอาหารว่างและอาหารกลางวัน	4.13	82.67	มาก
7.ด้านความเหมาะสมของระยะเวลาการจัดกิจกรรม	4.13	82.67	มาก
8.ความพึงพอใจโดยรวมต่อคุณภาพการให้บริการ	4.60	92.00	มากที่สุด
9. ความรู้ความเข้าใจ*หลัง*การเข้าร่วมกิจกรรม	4.13	82.67	มาก
10. การนำความรู้ไปประยุกต์ใช้ประโยชน์ได้	4.33	86.67	มาก
11.ความพึงพอใจโดยรวมต่อการเข้าร่วมกิจกรรม	4.60	92.00	มากที่สุด

หมายเหตุ เกณฑ์คะแนนเฉลี่ยที่ใช้ในการประเมินผล คือ

4.51 – 5.00 หมายถึงมีความพึงพอใจในระดับมากที่สุด

3.51 – 4.50 หมายถึงมีความพึงพอใจในระดับมาก

2.51 – 3.50 หมายถึงมีความพึงพอใจในระดับปานกลาง

1.51 – 2.50 หมายถึงมีความพึงพอใจในระดับน้อย

1.00 – 1.50 หมายถึงมีความพึงพอใจในระดับน้อยที่สุด

จากตารางที่ 1 พบว่าผู้เข้าเข้าร่วมอบรมมีความพึงพอใจด้านรูปแบบกระบวนการจัดโครงการ/กิจกรรม ความพึงพอใจโดยรวมต่อคุณภาพการให้บริการ และความพึงพอใจโดยรวมต่อการเข้าร่วมกิจกรรม สูงสุด 4.60 ซึ่งอยู่ในระดับมากที่สุด และมีความพึงพอใจด้านอื่นๆ อยู่ในระดับมากถึงมากที่สุด โดยมีคะแนนความพึงพอใจอยู่ในช่วง 4.13-4.53 คิดเป็นร้อยละ 82.67-92.00

มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม

ภาคผนวก จ
บทความตีพิมพ์เผยแพร่

มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม

1. นำเสนอผลงานแบบบรรยาย ในงานประชุมวิชาการระดับชาติ “พิบูลสงครามวิจัย” ประจำปี 2558 สองทศวรรษราชภัฏพิบูลสงครามจากท้องถิ่นสู่อาเซียน วันที่ 13-14 กุมภาพันธ์ 2558 ศูนย์วัฒนธรรมภาคเหนือตอนล่าง มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม จังหวัดพิษณุโลก

การสกัดสารต้านออกซิเดชันจากเปลือกหุ้มเมล็ดมะขามด้วยตัวทำละลายอินทรีย์
Extraction of antioxidants from tamarind seed coat using organic solvents

จุฑามาศ สาจิ๋ว สิรินภา จันทร์ศิริ และ เกตุการ ดาจันทา*
คณะเทคโนโลยีการเกษตรและอาหาร มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม พิษณุโลก
*corresponding author e-mail: dkatekan@hotmail.com

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของตัวทำละลายในการสกัดสารต้านออกซิเดชันจากเปลือกหุ้มเมล็ดมะขาม โดยใช้ตัวทำละลายที่แตกต่างกัน คือ น้ำ เอทานอลผสมน้ำ (ความเข้มข้น 25 50 และ 75 เปอร์เซ็นต์) เมทานอลผสมน้ำ (ความเข้มข้น 25 50 และ 75 เปอร์เซ็นต์) และเอทิลอะซิเตต ในการสกัดเปลือกหุ้มเมล็ดมะขามด้วยอัตราส่วนของเปลือกหุ้มเมล็ดต่อตัวทำละลายเป็น 1:20 สกัดด้วยวิธีอัลตราโซนิค และตรวจวิเคราะห์ปริมาณสารประกอบฟีนอลฟลาโวนอยด์ โปรแอนโทไซยานิดิน และค่าการต้านอนุมูลอิสระ DPPH ในสารสกัด ผลการศึกษาพบว่าตัวทำละลายต่างชนิดกันมีปริมาณสารต้านออกซิเดชันแตกต่างกัน โดยสารสกัดเมทานอลเข้มข้น 75 เปอร์เซ็นต์ มีปริมาณสารประกอบฟีนอลมากที่สุด (355.74 mg gallic acid/g) ขณะที่สารสกัดเอทานอลเข้มข้น 25 เปอร์เซ็นต์ และเอทานอลเข้มข้น 75 เปอร์เซ็นต์ มีปริมาณฟลาโวนอยด์ (25.28 mg catechin/g) และโปรแอนโทไซยานิดิน (9,393.00 mg catechin/g) สูงที่สุด ตามลำดับ สำหรับค่าการต้านอนุมูลอิสระ DPPH ของสารสกัดเปลือกหุ้มเมล็ดมะขาม พบว่าสารสกัดจากเอทานอลเข้มข้น 75 เปอร์เซ็นต์ มีค่ามากที่สุด

คำสำคัญ : มะขาม เปลือกหุ้มเมล็ดมะขาม ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ การสกัดด้วยคลื่นอัลตราโซนิค

Abstract

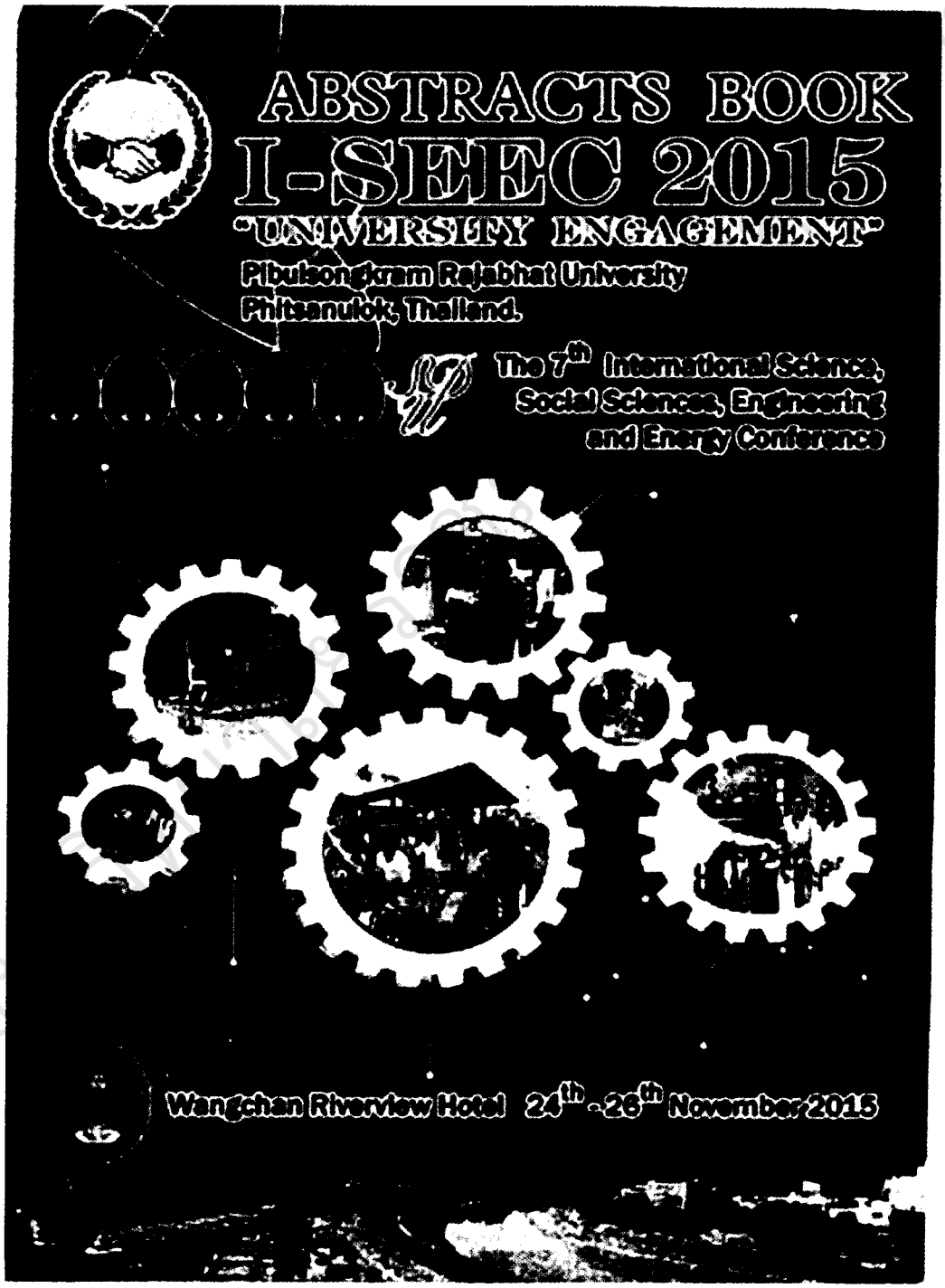
This research aimed to study the effect of extracting solvents on antioxidant properties of tamarind seed coat. Various solvents including distilled water, aqueous ethanol (25 50 and 75%), aqueous methanol (25 50 and 75%) and ethyl acetate were used for extracting tamarind seed coat at the ratio 1:20 with ultrasonic-assistant extraction method. The extracts were tested for their total phenolic content, total flavonoids content, proanthocyanidins and DPPH radical scavenging activity. The results revealed the effect of different extracting solvents in diverse quantitative antioxidants. The extract of 75% methanol showed the highest of total phenolic content (355.74 mg gallic acid/g). Meanwhile, the extracts of 25% ethanol and 75% ethanol exhibited the most contents of total flavonoids (25.28 mg catechin/g) and proanthocyanidins (9,393.00 mg catechin/g), respectively. For DPPH radical scavenging activity of the extracts, the 75% ethanol extract showed the maximal value.

Keywords : tamarind, tamarind seed coat, antioxidant, ultrasonic-assistant extraction method

2. นำเสนอผลงานแบบโปสเตอร์ ในงานประชุมวิชาการระดับนานาชาติ

The 7th International Science, Social Science, Engineering and Energy Conference I-SEEC 2015, November 24-26, 2015

Wang Chan Riverview Hotel, Phitsanulok, Thailand



7th International Science, Social Sciences, Engineering and Energy Conference
24-26 November, 2015, Wangchan Riverview Hotel, Phitsanulok, Thailand

I-SEEC 2015

http://iseec2015.psru.ac.th

Evaluation of Antioxidant Quality of Tamarind Seed Coat (*Tamarindus indica*) Extracts Using Different Extraction Solvents

Katekan Dajanta[a,e1], Premnapa Sisopa[b,e2]

[a] *Division of Food Science and Technology, Faculty of Food and Agricultural Technology, Pibulsongkram Rajabhat University, Phitsanulok, 65000, Thailand*
[b] *Division of Agro-Industrial Product Development, Faculty of Food and Agricultural Technology, Pibulsongkram Rajabhat University, Phitsanulok, 65000, Thailand*

[e1]dkatekan@hotmail.com, [e2]pramnapae@hotmail.com

Abstract

This study aimed to investigate the antioxidant quality of crude extracts (water, 75%ethanol and 75%methanol) of tamarind seed coats (TSC) obtained by ultrasound-assisted extraction method. The antioxidants of total phenolic compounds, flavonoids and proanthocyanidins were evaluated in these extracts. In addition, DPPH radical scavenging activity (DPPH) of the extracts was also determined. It was found that ethanolic extract showed the highest value of proanthocyanindins (939.30 g catechin/100 g TSC) and DPPH (168.56 g BHT/100 g TSC). Whereas the methanolic and water extracts showed the highest contents of total phenolic compounds and flavonoids, respectively. The results obtained in this study showed that tamarind seed coat have antioxidant properties which can be further developed as functional foods and cosmetics

Keywords: Tamarind seed, Tamarind seed coat, Antioxidant, Extraction

มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม

ประวัติผู้วิจัย

หัวหน้าโครงการ

1. ชื่อ-นามสกุล (ภาษาไทย) นางสาว เกตุการ ดาจันทา

   (ภาษาอังกฤษ) Miss Katekan Dajanta

2. การทำงาน

   ตำแหน่งปัจจุบัน ผู้ช่วยศาสตราจารย์

   สถานที่ทำงาน สาขาวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการเกษตรและอาหาร
   คณะเทคโนโลยีการเกษตรและอาหาร
   มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม
   อ.เมือง จ.พิษณุโลก 65000
   โทรศัพท์ 086-179-7207, 055-267-080
   โทรสาร 055-267-081
   E-mail dkatekan@hotmail.com

3. ที่อยู่ สาขาวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการเกษตรและอาหาร
   คณะเทคโนโลยีการเกษตรและอาหาร
   มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม อ.เมือง จ.พิษณุโลก 65000

4. ประวัติการศึกษา

คุณวุฒิ (ระบุสาขาวิชาเอก)	ปี พ.ศ.	ชื่อสถานศึกษา	ประเทศ
วท.ด. (วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร)	2553	มหาวิทยาลัยเชียงใหม่	ไทย
วท.ม. (วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร)	2546	มหาวิทยาลัยเชียงใหม่	ไทย
วท.บ. (เกษตรศาสตร์)	2537	มหาวิทยาลัยเชียงใหม่	ไทย

5. สาขาวิชาที่เชี่ยวชาญ Food Science and Technology และ Food Microbiology

6. ผลงานวิจัย : หัวหน้าโครงการวิจัย

   1) การพัฒนาโลชันบำรุงผิวขาวเสริมสารต้านอนุมูลอิสระสูตรนาโนอิมัลชันจากสารสกัดเปลือกหุ้มเมล็ดมะขาม (งบประมาณแผ่นดิน ปี 2558)
   2) การพัฒนาศักยภาพของวิสาหกิจชุมชนเครื่องสำอางเพื่อสร้างแต้มต่อทางธุรกิจในการผลิตครีมบำรุงผิวจากน้ำมันฟักข้าว (งบประมาณ สกว. ปี 2557)

มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม

3) การเพิ่มมูลค่ากากเหลือทิ้งจากกระบวนการผลิตน้ำองุ่นเป็นบอดี้สครับ (งบประมาณจาก สกว. โครงการ MAG I ปีงบประมาณ 2555)
4) การสังเคราะห์บริบทองค์รวมการใช้ประโยชน์ของเหลือจากการแปรรูปองุ่นทางเครื่องสำอาง และการพัฒนาเครื่องสำอางต้นแบบจากน้ำมันและสารสกัดจากเมล็ดองุ่น (งบประมาณจาก สกว. ปี 2554)
5) การพัฒนาผงกล้าเชื้อสำหรับหมักข้าวหมากและการพัฒนาเครื่องดื่มข้าวหมากที่มีสารต้านอนุมูลอิสระสูง (งบประมาณ สกอ. ปี 2557)
6) จัดทำสูตรเฉพาะเพื่อการผลิตสำหรับผลิตภัณฑ์เนื้อเพื่อจำหน่าย (งบประมาณสำนักงานปศุสัตว์จังหวัดตาก 2557)
7) การพัฒนาศักยภาพของอุตสาหกรรมอาหารเพื่อสร้างแต้มต่อทางธุรกิจ: การพัฒนาศักยภาพผู้ประกอบการในอุตสาหกรรมแปรรูปเนื้อสัตว์ (งบประมาณจาก สกว. ปีงบประมาณ 2556)
8) การผลิตถั่วเหลืองหมักที่ปลอดภัยและมีคุณค่าทางโภชนาการสูงด้วยราโมแนสคัสเพื่อเพิ่มมูลค่าสินค้าเกษตรและสร้างขีดความสามารถในการแข่งขัน (งบแผ่นดิน ปีงบประมาณ 2555)
9) การผลิตผงกล้าเชื้อและผงปรุงรสจากถั่วเหลืองหมักเพื่อการยกระดับอาหารพื้นบ้านสู่การแข่งขันในตลาดธุรกิจ (งบประมาณ สกอ. ปี 2554)
10) การสังเคราะห์บริบทงานวิจัยโดยรวมของมหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงครามเพื่อสร้างแต้มต่อและเสริมศักยภาพทางอุตสาหกรรมอาหารในเขตจังหวัดพิษณุโลก (งบประมาณจาก สกว. ปี 2554)
11) การคัดเลือกราโมแนสคัสสายพันธุ์ที่สร้างสารพิษต่ำเพื่อใช้เป็นกล้าเชื้อในการผลิตสารสีที่ปลอดภัยจากข้าวแดง (งบประมาณ กองทุนสนับสนุนงานวิจัย มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม ปี 2553)
12) การเปรียบเทียบคุณค่าทางโภชนาการของผลิตภัณฑ์นมพร้อมดื่มที่ผลิตจากน้ำนมวัวแท้และนมผงในชุดโครงการแก้ไขปัญหาน้ำนมดิบของภาคเหนือตอนบน (งบแผ่นดินมหาวิทยาลัยเชียงใหม่)
13) ความสัมพันธ์ระหว่างระบบเอนไซม์แลคโตเปอร์ออกซิเดสกับคุณภาพการเก็บรักษาน้ำนมดิบที่ผลิตได้ในฤดูร้อน (งบแผ่นดินมหาวิทยาลัยเชียงใหม่)

7. ผลงานวิจัยตีพิมพ์เผยแพร่

Techarang, J., Apichartsrangkoon, A., Pathomrungsiyounggul, P., Chaikham, P., and **Dajanta, K.** (2016). Viscoelastic behavior and physico-chemical characteristics of heated swai-fish (*Pangasius hypophthalmus*) based emulsion containing fermented soybeans. LWT - Food Science and Technology. 66: 63-71.

มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม

เกตุการ ดาจันทา และหทัยทิพย์ ร้องคำ. (2559) ลักษณะทางสัณฐานวิทยา การสร้างสารพิษและรงควัตถุของราโมแนสคัสที่คัดแยกจากอังคัก. วารสารมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ (สาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี). 8(16): 14 หน้า. (อยู่ระหว่างรอการตีพิมพ์)

อุทัยวรรณ ฉัตรธง และ**เกตุการ ดาจันทา**. (2557). การสร้างโมนาโคลินเค ซิตรินินและสารสีในอังคักจากเศษเหลือเส้นก๋วยเตี๋ยวที่หมักด้วยราโมแนสคัสต่างสายพันธุ์. วารสารวิจัย มข, 19(2): 215-222.

Dajanta, K., Janpum, P., and Leksing, W. (2013). Antioxidant capacities, total phenolics and flavonoids in black and yellow soybeans fermented by *Bacillus subtilis*: A comparative study of Thai fermented soybean *(thua nao)*. International Food Research Journal. 20(6): 3125-3132.

Apichartsrangkoon, A., Chaikham, P., Srisajjalertwaja, S., Chunthanom, P. and **Dajanta, K.** (2013). Aroma volatile profiles of Thai green chili paste *(Nam Prig Noom)* preserved by ultra-high pressure, pasteurization and sterilization. International Food Research Journal. 20(4): 1739-1746.

Dajanta, K., Apichartsrangkoon, A. and Chukeatirote, E. (2013). Changes in biochemical and nutritional quailities of aerobic and vacuum-packaged Thua Nao during shelf-life storage. Pakistan Journal of Biological Sciences, 16(11): 501-509.

Dajanta, K., Chukeatirote, E., and Apichartsrangkoon, A. (2012). Nutritional and physicochemical qualities of Thua Nao (Thai traditional fermented soybean). Chiang Mai Journal of Science, 39(4): 562-574.

Chukeatirote, E., **Dajanta, K.**, and Apichartsrangkoon, A. (2012). Thua Nao: A traditional Thai Fermented Soy product. In: Handbook of Plant-Based Fermented Food and Beverage Technology, Hui, Y.H., and Evranuz, O. (Eds.). CRC Press: 131-138.

Dajanta, K., Apichartsrangkoon, A., and Somsang, S. (2012). Comparison of physical and chemical properties of high pressure- and heat- treated Lychee (*Litchi chinensis* Sonn.) in syrup. High Pressure Research: An International Journal, 1-5.

Dajanta, K., Chukeatirote, E., and Apichartsrangkoon, A. (2011). Improvement of thua nao production using protein-rich soybean and *Bacillus subtilis* TN51 starter culture. Annals of Microbiology, page 1-11.

Dajanta, K., Apichartsrangkoon, A., and Chukeatirote, E. (2011). Antioxidant properties and total phenolics of Thua Nao (a Thai Fermented Soybean) as affected by *Bacillus*-fermentation. Journal of Microbial and Biochemical Technology, 3: 56-59.

Chukeatirote, E., In-khian, S., **Dajanta, K.**, and Apichartsrangkoon, A. (2011). Thua Nao - An Indigenous Fermented Soybean of Thailand. Srinakharinwirot Science Journal, 27: 197-213. (in Thai).

Dajanta, K., Apichartsrangkoon, A. and Chukeatirote, E. (2011). Volatile profiles of *thua nao*, a Thai fermented soy products. Food Chemistry, 125, 464-470.

Dajanta, K., Apichartsrangkoon, A. Chukeatirote, E., and Frazier, R. A. (2011). Free amino acid profiles of *Thua Nao*, a Thai fermented soybean. Food Chemistry, 125, 342-347.

Dajanta, K., Chukeatirote, E., and Apichartsrangkoon, A. (2011). Analysis and characterisation of amino acid contents of thua nao, a traditionally fermented soybean food of Northern Thailand. International Food Research Journal, 18, 588-592.

Chukeatirote, E., **Dajanta, K.**, and Apichartsrangkoon, A. (2010). Thua nao, indigenous Thai fermented soybean: a review. Journal of Biological, 10, 581-583.

Sungkam, J., Apichartsrangkoon, A., and **Dajanta, K.** (2010). Processing of dried jelly from penniwort juice by vacuum infrared. Rajabhat Chiangmai Research Journal, 2, 97-104. (in Thai).

Dajanta, K., Chukeatirote, E., Apichartsrangkoon, A. and Frazier, R. A. (2009). Enhanced aglycone production of fermented soybean products by *Bacillus* species. Acta Biologica Szegediensis, 52(2), 93-98.

Dajanta K., Wongkham, S, Thirach, P., Baophoeng, P., Apichartsrangkoon, A., Santithum, P., and Chukeatirote, E. (2009). Comparative study of proteolytic activity of protease-producing bacteria isolated from *thua nao*. Maejo International Journal of Science and Technology, 3, 269-276.

Dajanta, K., Chukeatirite, E., and Apichartsrangkoon, A. (2008). Effect of lactoperoxidase system on keeping quality of raw cow's milk in Thailand. International Journal of Dairy Science, 3, 112-116.

Dajanta, K., and Sisopa, P. (2015). Evaluation of antioxidant quality of tamarind seed coat (Tamarindus indica) extracts using different extraction solvents. The 7th

International Science, Social Science, Engineering and Energy Conference, 24-26 November 2015, Wang Chan Riverview Hotel, Phitsanulok, Thailand.

Sea-Wa, P., Sriphuengthong, M., Thongphuang, S., and **Dajanta. K.** (2015). Sensory evaluation and antioxidant quality of banana peel and herbal tea. The 7th International Science, Social Science, Engineering and Energy Conference, 24-26 November 2015, Wang Chan Riverview Hotel, Phitsanulok, Thailand.

ภัณฑิรา ศรีดำ และ**เกตุการ ดาจันทา**. (2558). การคัดกรองลูกแป้งพื้นเมืองที่มีศักยภาพในการหมักข้าวหมากให้มีปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดสูงและมีกลิ่นของแอลกอฮอล์ต่ำ. บทความฉบับเต็มในรายงานสืบเนื่องจากการประชุมสัมมนาวิชาการนำเสนองานวิจัยระดับชาติและนานาชาติเครือข่ายบัณฑิตศึกษา มหาวิทยาลัยราชภัฏภาคเหนือ ครั้งที่ 15. 129- 139.

ศิริพร คำชุ่ม อุทัยวรรณ ฉัตรธง และ**เกตุการ ดาจันทา**. (2558). คุณภาพทางเคมี กายภาพและประสาทสัมผัสของเครื่องดื่มน้ำข้าวหมากจากข้าวเหนียวดำก่ำมัง. บทความฉบับเต็มในรายงานสืบเนื่องจากการประชุมสัมมนาวิชาการนำเสนองานวิจัยระดับชาติและนานาชาติเครือข่ายบัณฑิตศึกษา มหาวิทยาลัยราชภัฏภาคเหนือ ครั้งที่ 15. 177- 183.

Janpum, P., **Dajanta, K.** and Sisopa, P. (2015). Effect of Drying Temperature on the Phenolic Components and Antioxidant Activity of Pok Dum Grape Juice Pomace. The 17th Food Innovation Asia Conference 2015 (FIAC 2015) Innovative ASEAN Food Research towards the World, 18-19 June 2015

พยุงรัตน์ จันพุ่ม **เกตุการ ดาจันทา** และเปรมนภา สีโสภา. (2557). สารประกอบโพลีฟีนอลและความสามารถการต้านออกซิเดชันของบอดี้สครับที่ผลิตจากกากองุ่นของเหลือจากกระบวนการผลิตน้ำผลไม้. บทความฉบับเต็ม ในรายงานสืบเนื่องการประชุมระดับชาติ "พิบูลสงครามวิจัย" และนิทรรศการ "การพัฒนาศักยภาพการท่องเที่ยว" จากท้องถิ่นสู่อาเซียน 2557 วันที่ 19-20 กุมภาพันธ์ 2557 ณ มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม (ส่วนทะเลแก้ว) จังหวัดพิษณุโลก

นิตยา อินเพลิน ดารณี แสงอรุณ และ**เกตุการ ดาจันทา**. (2557). ผลของความเข้มข้นของโซเดียมอัลจิเจตต่อการเอนแคปซูเลชันสารต้านออกซิเดชันของสารสกัดใบมะรุม. งานประชุมระดับชาติ "พิบูลสงครามวิจัย" และนิทรรศการ "การพัฒนาศักยภาพการท่องเที่ยว" จากท้องถิ่นสู่อาเซียน 2557 วันที่ 19-20 กุมภาพันธ์ 2557 ณ มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม (ส่วนทะเลแก้ว) จังหวัดพิษณุโลก.

ธันวารัตน์ แซ่ว่าง อัจฉรา ภู่ประเสริฐ และ**เกตุการ ดาจันทา**. (2557). สารประกอบฟีนอลและฤทธิ์ต้านออกซิเดชันของข้าวหมากที่หมักจากข้าวเหนียวดำ. งานประชุมระดับชาติ "พิบูล

สงครามวิจัย" และนิทรรศการ "การพัฒนาศักยภาพการท่องเที่ยว" จากท้องถิ่นสู่อาเซียน 2557 วันที่ 19-20 กุมภาพันธ์ 2557 ณ มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม (ส่วนทะเลแก้ว) จังหวัดพิษณุโลก.

Dajanta, K. and Chattong, U. (2013). Monacolin K, citrinin and antioxidant properties of *Monascus*-fermented soybeans. The 1^{5th} Food Innovation Asia Conference 2013, BITEC, Bangkok, Thailand, June 13-14, 2013.

Dajanta, K. and Chattong, U. 2013. Fermentation temperature affects the phenolics and antioxidant activity of *Monascus*-fermented soybeans. The 1^{5th} Food Innovation Asia Conference 2013, BITEC, Bangkok, Thailand, June 13-14, 2013.

Dajanta, K., Janpum, P., and Leksing, W. (2012). Phenolics, flavonoids and antioxidant capacity in thua nao produced from yellow and black soybeans fermented with powder of *Bacillus subtilis* TN51. The 14th Food Innovation Asia Conference 2012, BITEC, Bangkok, Thailand, June 14-15, 2012.

Dajanta, K., Apichartsrangkoon, A., Somsang, S. and Worametrachanon, S. (2011). Comparison of physical and chemical properties of high pressure and thermal treated Lychee (*Litchi chinensis* Sonn.) in syrup. 49th EHPRG International Conference, Budapest (Hungary), 28 August-2 September 2011.

Dajanta, K., Trephara, N., and Katedit, W. (2011). Characteristics of low citrinin-producing strains of *Monascus* sp. isolated from Chinese red mould rice. ASEAN Food Conference 2011, Food innovation: Key to creative economy, BITEC, Bangkok, Thailand, June 16-18, 2011.

เกตุการ ดาจันทา, ศุภลักษณ์ มีสุข, จักรกฤษ แจ่มจันทร์. (2554). การคัดกรองราโมแนสคัสสายพันธุ์ที่สร้างสารพิษต่ำด้วยวิธีดัดแปลงการผ่าเหล่า. งานการนำเสนอผลงานวิจัยแห่งชาติ (Thailand Research Expo 2011) ระหว่าง 26-30 สิงหาคม 2554, ศูนย์ประชุมบางกอกคอนเวนชันเซ็นเตอร์เซ็นทรัลเวิลด์ ราชประสงค์ กรุงเทพมหานคร. 73-81.

Dajanta, K., Chukeatirote, E., and Apichartsrangkoon, A. (2010). Nutritional and physiochemical qualities of *Thua Nao* (Thai traditional fermented soybean). Food Innovation Asia Conference 2010: Indigenous Food Research and Development to Global Market, BITEC Bangna, Bangkok, Thailand, June 17-18, 2010.

มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม

Dajanta, K., Apichartsrangkoon, A., and Chukeatirote, E. (2009). Composition and quantities of free amino acids in *thua nao* (a Thai fermented soybean). Food Innovation Asia Conference 2009, BITEC Bangna, Bangkok, Thailand, June 18-19, 2009.

Dajanta, K., Apichartsrangkoon, A., Chukeatirite, E., and Frazier, R.A. (2009). Comparison of isoflavone contents in *Bacillus*-fermented soybeans. A poster presentation at RGJ-Ph.D. Congress IX at Jomthien Palm Beach and Resort, Pattaya, Thailand, April 4-6, 2009.

Dajanta, K., Baophoeng, P., Thirach, P., Santithum, P., Chukeatirote, E., and Apichartsarangoon, A. (2007). Comparative analysis of protease activity of *Bacillus* species isolated from *thua nao.* 33rd congress on science and technology of Thailand (STT.33) at Walailak University Nakhon Si Thammarat, Thailand, October 18-20, 2007.

Dajanta, K. and Pinthong, R. (2004). Preservation of raw milk by Lactoperoxidase System combination with refrigerated temperature. The 6th Agro-Industrial Conference, THAIFEX & HALFEX 2004, Impact, Bangkok, Thailand, May 28 – 29, 2004.

Pinthong, R., and **Dajanta, K.** (2003). Effect of Lactoperoxidase System in raw milk. The 5th Agro-Industrial Conference, THAIFEX & HALFEX 2003, BITEC Bangna, Bangkok, Thailand, June 31– July 1, 2003.

8. ผลงานจดอนุสิทธิบัตร

1) กรรมวิธีการสกัดสารประกอบฟีนอลจากเมล็ดองุ่น เลขที่อนุสิทธิบัตร 9523
2) อาหารเลี้ยงเชื้อ *Bacillus subtilis* ชนิดเหลวจากแป้ง เลขที่อนุสิทธิบัตร 9285

9. รางวัลที่เคยได้รับ

1) หัวหน้าโครงการวิจัยดีเด่นประจำปี พ.ศ. 2558 การวิจัยเพื่อพัฒนาศักยภาพของอุตสาหกรรมอาหารและสร้างแต้มต่อทางธุรกิจ “วิจัยได้...ขายจริง” ของสำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.)
2) นักวิจัยผลงานดีเด่นด้านการวิจัยและการบริการวิชาการ ประจำปี 2557 ประเภทผลงานวิจัยที่สร้างนวัตกรรมใหม่สามารถนำไปขอรับการคุ้มครองทรัพย์สินทางปัญญา มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม

มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม

3) นักวิจัยดีเด่น ประเภทผลงานตีพิมพ์เผยแพร่ สายวิทยาศาสตร์ ประจำปี 2555 มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม

ผู้ร่วมโครงการวิจัย

1. ชื่อ-นามสกุล (ภาษาไทย) นางสาวเปรมนภา สีโสภา
(ภาษาอังกฤษ) Miss Premnapa Sisopa

2. การทำงาน
ตำแหน่งปัจจุบัน อาจารย์
สถานที่ทำงาน สาขาพัฒนาผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมเกษตร
คณะเทคโนโลยีการเกษตรและอาหาร
มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม
อ.เมือง จ.พิษณุโลก 65000
โทรศัพท์ 089-267-2202, 055-267-080 โทรสาร 055-267-081
E-mail pramnapas@hotmail.com

3. ที่อยู่ สาขาพัฒนาผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมเกษตร
คณะเทคโนโลยีการเกษตรและอาหาร
มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม อ.เมือง จ.พิษณุโลก 65000

4. ประวัติการศึกษา

คุณวุฒิ (ระบุสาขาวิชาเอก)	ปี พ.ศ.	ชื่อสถานศึกษา	ประเทศ
วท.ม. (วิทยาศาสตร์เครื่องสำอาง)	2554	มหาวิทยาลัยนเรศวร	ไทย
วท.บ. (เคมี)	2548	มหาวิทยาราชภัฏพิบูลสงคราม	ไทย

5. สาขาวิชาที่เชี่ยวชาญ Cosmetic delivery

6. ผลงานวิจัย

1) การพัฒนาโลชันบำรุงผิวขาวเสริมสารต้านอนุมูลอิสระสูตรนาโนอิมัลชันจากสารสกัดเปลือกหุ้มเมล็ดมะขาม (งบประมาณแผ่นดิน ปี 2558)
2) การพัฒนาศักยภาพของวิสาหกิจชุมชนเครื่องสำอางเพื่อสร้างแต้มต่อทางธุรกิจในการผลิตครีมบำรุงผิวจากน้ำมันฟักข้าว (งบประมาณ สกว. ปี 2557)
3) การเพิ่มมูลค่ากากเหลือทิ้งจากกระบวนการผลิตน้ำองุ่นเป็นบอดี้สครับ (งบประมาณจาก สกว. โครงการ MAG I ปีงบประมาณ 2555)

มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม

7. ผลงานตีพิมพ์เผยแพร่

Tiyaboonchai, W., **Srisopa, P.**, Viyoch, J. and Ingkaninan, K. (2008). Solid lipid microparticles as a delivery carrier for turmeric crude extract containing curcuminoids. Naresuan University Journal. 16(1): 43-55.

Sisopa, P. Ounaroon, A. and Tiyaboonchai, W. (2010). Development of Thai native silk cocoon pigment loaded nanostructured lipid carriers. Proceedings 3rd SUT Graduate Conference 2010. 138-142.

พยุงรัตน์ จันพุ่ม เกตุการ ดาจันทา และ**เปรมนภา สีโสภา**. (2557). สารประกอบโพลีฟีนอลและความสามารถการต้านออกซิเดชันของบอดี้สครับที่ผลิตจากกากองุ่นของเหลือจากกระบวนการผลิตน้ำผลไม้. บทความฉบับเต็ม ในรายงานสืบเนื่องการประชุมระดับชาติ "พิบูลสงครามวิจัย" และนิทรรศการ "การพัฒนาศักยภาพการท่องเที่ยว" จากท้องถิ่นสู่อาเซียน 2557 วันที่ 19-20 กุมภาพันธ์ 2557 ณ มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม (ส่วนทะเลแก้ว) จังหวัดพิษณุโลก

Janpum, P., Dajanta, K. and **Sisopa, P.** (2015). Effect of Drying Temperature on the Phenolic Components and Antioxidant Activity of Pok Dum Grape Juice Pomace. The 17th Food Innovation Asia Conference 2015 (FIAC 2015) Innovative ASEAN Food Research towards the World, 18-19 June 2015

Sisopa, P. (2009). Study on chemical constituents, antioxidant and anti-tyrosinase activities of pigments from Thai native silk cocoon. The International Congress for Innovation in Chemistry (PERCH-CIC Congress VI) May 3-6, 2009 Jomtien Palm Beach Hotel & Resort, Pattaya, Thailand (poster presentation)

Sisopa, P. (2010). Development of Thai native silk cocoon pigment loaded nanostructured lipid carriers. The 3rd SUT Graduate Conference 2010, 21-23 November 2010 at Suranaree University of Technology, Nakhon Ratchasima.

Development of Thai native silk cocoon pigment loaded nanostructured lipid carriers ในงานประชุมวิชาการโครงการทุนวิจัยมหาบัณฑิต สกว. สาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ครั้งที่ 5 วันที่ 30 มีนาคม – 1 เมษายน 2554 Jomtien Palm Beach Hotel & Resort, Pattaya, Thailand (oral presentation)

Effect of medium chain triglyceride and ethanol on physicochemical properties of silk cocoon pigments loaded nanoparticle ในงานประชุมวิชาการ นเรศวรวิจัย ครั้งที่ 9 :

มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม

Research-based commercialization of ASEAN economic development **วันที่** 28-29 กรกฎาคม 2556 **มหาวิทยาลัยนเรศวร พิษณุโลก** (poster presentation)

มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม